



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI
PENUNJANG POTENSI LAUT PROVINSI KEPULAUAN
RIAU**

**Muhammad Iqbal
NRP 0411154000026**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI
PENUNJANG POTENSI LAUT PROVINSI KEPULAUAN
RIAU**

**Muhammad Iqbal
NRP 0411154000026**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT - MN 184802

**DESIGN OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)
BASED HYBRID FISHING VESSEL AS SUPPORTING
KEPULAUAN RIAU SEA POTENTIAL**

**Muhammad Iqbal
NRP 04111540000026**

**Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI PENUNJANG POTENSI LAUT PROVINSI KEPULAUAN RIAU

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD IQBAL
NRP 04111540000026

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing


Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 23 JANUARI 2019

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI PENUNJANG POTENSI LAUT PROVINSI KEPULAUAN RIAU

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 9 Januari 2019

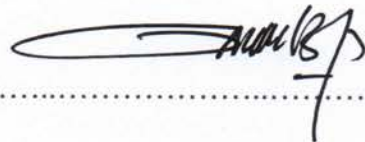
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD IQBAL
NRP 04111540000026

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

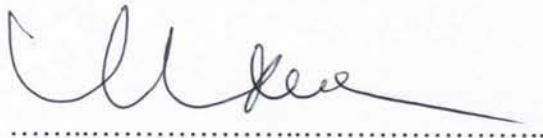
1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



2. Hasanudin, S.T., M.T.



3. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



SURABAYA, 23 JANUARI 2019

Dipersembahkan kepada Ayahanda, Ibunda serta kedua Adinda yang sangat penulis cintai

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Kedua orang tua, kedua Adinda, Nenek, Opung serta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini;
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T., Bapak Hasanudin, S.T., M.T., dan Bapak Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
5. Bapak Ir. Lamidi, MM yang telah membantu menghubungkan penulis dengan petugas-petugas Dinas Kelautan dan Perikanan Kepulauan Riau dalam pencarian data-data pendukung;
6. Bapak La Ode Faisal, Bapak Mansur dan Ibu Mila Karmila selaku petugas Dinas Kelautan dan Perikanan Kepulauan Riau yang telah membantu dalam memberikan data-data pendukung dalam pengerjaan tugas akhir ini;
7. Adhi Duta Baskara, Khamdan Qomaruddin, Muhammad Fudail A.P, Muh Hisyam Khorudin, Hamzah Abalfatah Al Fauzi, Deni Nabil Sulthon dan Wikan Sidharajasa selaku penghuni kontrakan SEMUT atas kebersamaan, kekompakan selama mengontrak kurang lebih 7 semester;
8. M. Hafiz Nurwahyu Aliffranda, Muh Hisyam Khorudin dan Wahyu Rachmatdhani selaku teman-teman sesama bimbingan Tugas Akhir Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan M.Sc., Ph.D yang telah bersama-sama berjuang dalam pengerjaan Tugas Akhir hingga selesai.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 23 Januari 2019

Muhammad Iqbal

DESAIN KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) SEBAGAI PENUNJANG POTENSI LAUT PROVINSI KEPULAUAN RIAU

Nama Mahasiswa : Muhammad Iqbal
NRP : 04111540000026
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Sektor perikanan merupakan salah satu sektor dengan potensi terbesar pada wilayah Provinsi Kepulauan Riau dikarenakan lebih dari 96% luas wilayah merupakan lautan, namun potensi yang sangat besar ini justru seringkali dimanfaatkan oleh kapal-kapal berbendera asing untuk melakukan praktek *illegal fishing* pada daerah *fishing ground* Kepulauan Riau, khususnya perairan Natuna. Kapal-kapal ikan berbendera Indonesia pada daerah Kepulauan Riau masih belum maksimal dalam memanfaatkan potensi ini dikarenakan jumlah armada kapal yang masih terbatas, dan juga penerapan teknologi yang masih sederhana/konvensional. Dengan maksud untuk menunjang pemanfaatan potensi sektor perikanan Provinsi Kepulauan Riau yang masih berada diangka 4-6%, maka pada Tugas Akhir ini akan didesain kapal ikan hibrida berbahan dasar plastik HDPE yang mempunyai tiga sumber daya utama yang merupakan energi terbarukan yakni angin (*Vertical Axis Wind Turbines*), sinar matahari (*Photovoltaic Panel*) dan juga gas hidrogen (*Fuel Cell*) yang langsung diproduksi *On-Board* dari air laut. Hasil dari Tugas Akhir ini berupa kapal dengan *payload* 30.5 ton ikan, 8 orang *crew*, dengan ukuran utama kapal L: 21 m; B: 5.5 m; H: 2.5 m; T: 1.5; Vs: 8 Knot dengan rute pelabuhan perikanan Karimun menuju pelabuhan perikanan Natuna.

Kata kunci: Kapal ikan hibrida, *Fuel cell*, VAWT, *Photovoltaic panel*.

DESIGN OF HDPE BASED HYBRID FISHING VESSEL AS SUPPORTING KEPULAUAN RIAU SEA POTENTIAL

Author : Muhammad Iqbal
Student Number : 04111540000026
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

The fisheries sector is one of the sectors with the greatest potential in the Riau Islands Province because more than 96% of the area is ocean, but this huge potential is often used by foreign-flagged vessels to practice illegal fishing in the fishing area of Riau Islands , especially Natuna waters. Indonesian flagged fishing vessels in the Riau Islands region are still not maximized in utilizing this potential because the number of fleets are still small, and the technology applied is still conventional. In order to support the potential utilization of the fisheries sector in Riau Islands Province which is still 4-6%, then this Final Project will design a hybrid fishing vessel made from HDPE plastic which has three main resources which are wind (Vertical Axis Wind Turbines), sunlight (Photovoltaic Panels) and hydrogen gas (Fuel Cell) that are directly produced on-board from seawater. The results of this Final Project is a fishing vessel with a payload of 30.5 tons of fish, 8 crew members, with the main size of the ship L: 21 m; B: 5.5 m; H: 2.5 m; Q: 1.5; Vs: 8 Knots with Karimun fishing port route to Natuna fishing port.

Keywords: Hybrid Fishing Vessel, Fuel cell, VAWT, Photovoltaic panel

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Umum.....	1
I.2. Latar Belakang Masalah.....	1
I.3. Perumusan Masalah.....	2
I.4. Tujuan.....	3
I.5. Batasan Masalah.....	3
I.6. Manfaat.....	3
I.7. Hipotesis.....	4
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Umum.....	5
II.2. Dasar Teori.....	5
II.2.1. Ukuran Utama Kapal	5
II.2.2. Perbandingan <i>Ratio</i> Ukuran Utama Kapal.....	6
II.2.3. Koefisien Bentuk Kapal.....	6
II.2.4. Hambatan Kapal.....	7
II.2.5. Propulsi dan Daya Mesin Kapal	9
II.2.6. Berat Kapal	10
II.2.7. <i>Freeboard</i>	10
II.2.8. <i>Trim</i>	11
II.2.9. Stabilitas Kapal	11
II.3. Tinjauan Pustaka	13
II.3.1. Kapal Penangkap Ikan	13
II.3.2. Alat Penangkapan Ikan	20
II.3.3. <i>High Density Polyethylene</i>	25
II.3.4. Kapal HDPE.....	28
II.3.5. <i>Hybrid System</i>	31
II.3.6. Proses Produksi Hidrogen.....	33
II.3.7. <i>Fuel Cell</i>	35
II.3.8. <i>Photovoltaic Panel</i>	47
II.3.9. <i>Vertical Axis Wind Turbine</i>	49
Bab III TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL	51
III.1. Umum.....	51

III.2.	Kepulauan Riau	51
III.3.	Potensi Perikanan Kepulauan Riau	52
Bab IV	METODOLOGI	55
IV.1.	Umum	55
IV.2.	Bagan Alir Penelitian	55
IV.3.	Proses Pengerjaan	56
IV.3.1.	Pengumpulan Data	56
IV.3.2.	Studi Literatur	56
IV.3.3.	Penentuan <i>Payload</i>	56
IV.3.4.	Desain Layout Awal	56
IV.3.5.	Perhitungan Teknis dan Ekonomis	56
IV.3.6.	Pembuatan Desain Model	57
Bab V	ANALISIS TEKNIS	59
V.1.	Umum	59
V.2.	Penentuan <i>Payload</i> dan Rute Pelayaran	59
V.3.	Desain <i>Layout</i> Awal dan Pengecekan <i>Ratio</i> Ukuran Utama	61
V.4.	Perhitungan Teknis Kapal Ikan Hibrida HDPE	62
V.4.1.	Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal	63
V.4.2.	Perhitungan Hambatan dan Propulsi Kapal	63
V.4.3.	Desain Sistem Hibrida	66
V.4.4.	Perhitungan Sistem Hibrida	69
V.4.5.	Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	70
V.4.6.	Pengecekan Berat Kapal dan <i>Displacement</i>	71
V.4.7.	Pengecekan Volume Ruang Muat (<i>Fishing Hold</i>)	72
V.4.8.	Perhitungan <i>Freeboard</i>	72
V.4.9.	Perhitungan Stabilitas	74
V.4.10.	Perhitungan <i>Trim</i>	75
Bab VI	ANALISIS EKONOMIS	77
VI.1.	Umum	77
VI.2.	Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal	77
Bab VII	DESAIN KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE	79
VII.1.	Umum	79
VII.2.	Peralatan Tangkap	79
VII.3.	Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>)	80
VII.4.	Rencana Umum (General Arrangement)	83
VII.5.	Permodelan 3D kapal	84
Bab VIII	KESIMPULAN DAN SARAN	87
VIII.1.	Umum	87
VIII.2.	Kesimpulan	87
VIII.3.	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	91
LAMPIRAN A	PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE	92
LAMPIRAN B	GAMBAR <i>LINES PLAN</i> KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE	94
LAMPIRAN C	GAMBAR <i>GENERAL ARRANGEMENT</i> KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE	96

LAMPIRAN D GAMBAR <i>3D-MODELLING</i> KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE	98
BIODATA PENULIS.....	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Kondisi Stabilitas Positif.....	12
Gambar II. 2 Kondisi Stabilitas Netral	12
Gambar II. 3 Kondisi Stabilitas Negatif	13
Gambar II. 4 Kapal Ikan <i>Seiners</i>	14
Gambar II. 5 Kapal Ikan Longliners.....	15
Gambar II. 6 Kapal Ikan Gillnetters	15
Gambar II. 7 <i>Gill netting</i>	16
Gambar II. 8 Kapal Ikan Crabbers.....	17
Gambar II. 9 Kapal Ikan <i>Trawlers</i>	17
Gambar II. 10 <i>Side Trawler</i>	18
Gambar II. 11 <i>Beam Trawler</i>	18
Gambar II. 12 <i>Stern Trawler</i>	18
Gambar II. 13 Kapal Ikan <i>Drifters</i>	19
Gambar II. 14 Kapal Ikan <i>Factory Ship</i>	20
Gambar II. 15 API Jenis Pukat cincin	20
Gambar II. 16 API Jenis Pukat Tarik (<i>Danish Seines</i>)	21
Gambar II. 17 API Jenis Pukat Hela (trawls)	22
Gambar II. 18 API Jenis Penggaruk Berkapal (<i>Boat Dredges</i>).....	22
Gambar II. 19 API Jenis <i>Lift Nets/Bouke Ami</i>	23
Gambar II. 20 API Jenis <i>Cast Nets</i>	23
Gambar II. 21 API Jenis Jaring Insang/ <i>gill nets</i> tetap	24
Gambar II. 22 API Jenis Bubu/ <i>Pots</i>	24
Gambar II. 23 API Jenis Rawai Dasar.....	25
Gambar II. 24 API Jenis Tombak/ <i>Spearfishing</i>	25
Gambar II. 25 Logo HDPE.....	26
Gambar II. 26 HDPE <i>Fishing Vessel</i>	28
Gambar II. 27 Proses Rotation Moulding HDPE	29
Gambar II. 28 Proses Pengelasan HDPE.....	29
Gambar II. 29 Diagram Pressure Factor Pelat Bottom.....	30
Gambar II. 30 Diagram Pressure Factor Pelat Side.....	31
Gambar II. 31 Kapal Energy Observer.....	32
Gambar II. 32 Sistem Hibrida Pada Kapal Energy Observer	33
Gambar II. 33 Proses Elektrolisis H ₂ O	34
Gambar II. 34 <i>Flow Chart AFC System</i>	36
Gambar II. 35 Skema Reaksi Kimia AFC	36
Gambar II. 36 <i>Flow Chart PEMFC System</i>	37
Gambar II. 37 Skema reaksi Kimia PEMFC	38
Gambar II. 38 <i>Flow Chart DMFC System</i>	39
Gambar II. 39 Skema Reaksi Kimia DMFC	39
Gambar II. 40 Skema Reaksi Kimia PAFC.....	40
Gambar II. 41 <i>Flow Chart PAFC System</i>	41
Gambar II. 42 <i>Flow Chart MCFC System</i>	42
Gambar II. 43 Skema Reaksi Kimia MCFC.....	43

Gambar II. 44 Skema Reaksi Kimia SOFC	44
Gambar II. 45 <i>Flow Chart</i> SOFC System	44
Gambar II. 46 SOFC Tabular (Kiri) dan Planar (Kanan)	45
Gambar II. 47 Perbandingan Spesifikasi antar Jenis <i>Fuel Cell</i>	46
Gambar II. 48 Skor dari Semua Jenis <i>Fuel Cell</i>	47
Gambar II. 49 Photovoltaic Effect Diagram	48
Gambar II. 50 Jenis-jenis <i>Wind Turbines</i>	50
Gambar III. 1 Peta Provinsi Kepulauan Riau	52
Gambar IV. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir	55
Gambar V. 1 Jarak Pelayaran	60
Gambar V. 2 Desain <i>Layout</i> Awal Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE	61
Gambar V. 3 Simulasi Hambatan Kapal pada <i>Software Maxsurf Resistance</i>	64
Gambar V. 4 Luas Transversal Kapal di Atas Sarat	64
Gambar V. 5 <i>Deep Blue</i> Torqeedo 80 HP	65
Gambar V. 6 Sistem Hibrida Pada Kapal Ikan Berbahan HDPE	66
Gambar V. 7 Proses Produksi Gas Hidrogen <i>On-Board</i>	67
Gambar V. 8 Sistem Pengisian Daya Baterai	68
Gambar V. 9 Perhitungan Luas Pelat Kapal	71
Gambar V. 10 Luas Lateral Kapal di Atas Sarat	75
Gambar VII. 1 <i>Drifting Gillnet</i> Kapal Ikan Hibrida HDPE	79
Gambar VII. 2 <i>Net Hauler</i> Kapal Ikan Hibrida HDPE	80
Gambar VII. 3 <i>Fish Collecting Vessel</i> 2308	81
Gambar VII. 4 Permodelan Konvensional <i>Bow</i> dan <i>Axe Bow</i>	82
Gambar VII. 5 <i>Calm Water Resistance of</i> ESC4100 and AXE4100	82
Gambar VII. 6 <i>Lines Plan</i> Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE	83
Gambar VII. 7 <i>General Arrangement</i> Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE	84
Gambar VII. 8 Permodelan 3D Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE (Tampak Depan)	85
Gambar VII. 9 Permodelan 3D Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE (Tampak Depan)	85

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Mechanical Properties of HDPE.....	26
Tabel II. 2 Perbandingan HDPE dengan Aluminium dan <i>Fibreglass</i>	27
Tabel III. 1 Daftar Kabupaten dan Kota Provinsi Kepulauan Riau.....	51
Tabel V. 1 Produksi Perikanan dan Jumlah Armada Kapal Ikan Provinsi Kep. Riau	60
Tabel V. 2 Ukuran Utama Awal.....	62
Tabel V. 3 Pengecekan Ukuran Utama	62
Tabel V. 4 Rekap Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal	63
Tabel V. 5 Rekapitulasi Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	71
Tabel V. 6 <i>Loadcase</i> Kapal Ikan Hibrida HDPE	74
Tabel V. 7 Hasil Perhitungan Stabilitas Kapal Ikan Hibrida HDPE	75
Tabel VI. 1 Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal Ikan Hibrida HDPE	77

DAFTAR SIMBOL

L_{pp}	= panjang kapal dari titik AP ke FP
L_{wl}	= panjang kapal sesuai dengan garis air
Loa	= panjang kapal secara keseluruhan
B	= lebar kapal tanpa kulit
H	= tinggi kapal tanpa kulit
T	= sarat kapal
LCB	= letak memanjang titik gaya apung
LCG	= letak memanjang titik gaya berat
C_b	= koefisien blok kapal
C_m	= koefisien midship
C_{wp}	= <i>waterplane coefficient</i>
C_p	= <i>prismatic coefficient</i>
∇	= <i>volume displacement</i>
Δ	= <i>displacement</i>
V_s	= kecepatan dinas
Fn_0	= <i>Froude Number</i>
ρ	= <i>mass density salt water</i> (1025 kg/m ³)
C_{F0}	= <i>friction coefficient</i> (ITTC 1957)
R_n	= Reynold Number
$1 + K$	= <i>form factor of vessel</i>
S	= <i>Wetted surface area</i>
S_{app}	= <i>total wetted surface of appendages</i>
S_{tot}	= <i>total wetted surface of vessel</i>
W	= <i>displacement weight</i>
R_T	= <i>total resistance of vessel</i>
T_a	= <i>moulded draft at AP</i> [m]
T_f	= <i>moulded draft at FP</i> [m]
P_B	= <i>BHP</i> (break horse power)
P_E	= <i>EHP</i> (effective horse power)
η_h	= <i>hull efficiency</i>
η_o	= <i>open water efficiency</i>
η_r	= <i>relative rotative efficiency</i>
η_s	= <i>seal efficiency</i>
η_b	= <i>line shaft bearing efficiency</i>
η_t	= <i>electrical transmission efficiency</i>
T_y	= <i>thickness of HDPE plate</i>
$C_{C\&E}$	= <i>crew coefficient</i>
$W_{C\&E}$	= berat crew
V_{SW}	= total volume air laut
W_{SW}	= total berat air laut
V_{FW}	= total volume air tawar
W_{FW}	= total berat air tawar
W_H	= total berat gas hidrogen

W_{PR}	= total berat <i>provision & store</i>
V_{Ice}	= total volume es pendingin kapal
W_{Ice}	= total berat es pendingin kapal
Z	= total <i>equipment number of ship</i>
LWT	= <i>Light Weight Tonnages</i>
DWT	= <i>Dead Weight Tonnages</i>
L_s	= Panjang <i>Superstructures</i>
H_s	= Tinggi <i>Superstructures</i>
S_m	= <i>mean sheer</i>
S_a	= tinggi <i>sheer</i> pada AP
S_f	= tinggi <i>sheer</i> pada FP
F_{ba}	= <i>Freeboard Actual of Vessel</i>
KG	= titik gravitasi kapal
ρ_{FW}	= berat jenis air tawar
KB_0	= tinggi titik apung awal
GM_0	= tinggi metasenter awal
GZ	= lengan stabilitas kapal

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang permasalahan yang melandasi pengerjaan Tugas Akhir ini. Berdasarkan latar belakang permasalahan yang diperoleh maka dapat disusun rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat dan hipotesis penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

I.2. Latar Belakang Masalah

Sektor Perikanan merupakan salah satu sektor potensial dalam menyumbang penghasilan negara Indonesia yang selama ini sering terabaikan, dikarenakan pembangunan dan seluruh aktivitas negara berfokus pada sektor darat. Hal ini juga ditandai dengan jumlah kapal ikan yang ada di Indonesia hanya mencapai angka 4.470 unit berdasarkan data kapal ikan yang terdaftar pada website resmi Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang jika dibandingkan dengan negara produsen ikan lainnya seperti China sudah mencapai angka lebih dari 200.000 unit kapal ikan dengan hasil tangkapan mencapai 61,7 juta ton pada tahun 2013. Meskipun demikian sektor perikanan tangkap tetap menjadi salah satu sumber pendapatan negara yang cukup besar dengan total produksi sebesar 6,6 juta ton dengan nilai produksi sebesar Rp 116,3 triliun per tahun 2016. (BPS, 2019)

Selain jumlah kapal ikan di Indonesia yang masih kurang, penggunaan teknologi yang memadai pada kapal Ikan di Indonesia juga masih jauh dari kata canggih apalagi ramah lingkungan. Hampir seluruh kapal ikan yang terdata dalam website resmi Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) masih menggunakan mesin diesel sebagai sumber daya utama untuk menggerakkan kapal dan juga mayoritas kapal ikan masih menggunakan bahan utama lambung dari kayu.

Hal yang juga menjadi sorotan belakangan ini ialah Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI) 711 yang meliputi perairan Selat Karimata, Laut Natuna, dan Laut Cina Selatan (Kepulauan Riau) seringkali diberitakan oleh media bahwa banyak terjadi penangkapan ikan ilegal oleh kapal-kapal ikan berbendera asing. Salah satu faktor yang menjadi penyebab adalah lemahnya pengawasan negara Indonesia terhadap

perbatasan teritorial laut pada wilayah ini, dan juga kurangnya pemanfaatan potensi kelautan oleh nelayan dalam negeri yang dapat disebabkan oleh kurangnya jumlah armada kapal ikan dan juga kurangnya teknologi yang digunakan pada kapal ikan sehingga memiliki keterbatasan dalam mencari tangkapan ikan. Padahal jika melihat data yang ada, potensi sumber daya ikan laut di Laut Cina Selatan (WPP 711) diperkirakan sebesar 1.057.050 ton/tahun dan diperkirakan wilayah perairan laut Kepulauan Riau memiliki potensi sumber daya ikan sebesar 860.650,11 ton/tahun meliputi ikan pelagis besar sejumlah 53,802.34 ton/tahun, ikan pelagis kecil sejumlah 506.025.30 ton/tahun, ikan demersal sejumlah 272.594,16 ton/tahun, ikan karang sejumlah 17.562.29 ton/tahun, lainnya (cumi, udang, lobster) sejumlah 10.666,02 ton/tahun. (KEPRI, 2016)

Dengan maksud mengatasi serta memberikan sebuah solusi terhadap permasalahan yang ada di sektor perikanan Indonesia, pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan kapal ikan yang memiliki material/bahan utama HDPE yang lebih tangguh dari segi *mechanical properties* jika dibandingkan dengan kayu serta akan dilakukan perancangan sistem hibrida untuk penggerak utama kapal yang bersumber dari listrik yang dihasilkan dari *photovoltaic cell*, *vertical axis wind turbines* dan juga *hydrogen fuel cell*. Terdapat beberapa keuntungan dalam desain kapal ikan berbahan HDPE yang menjadi pertimbangan dalam penggunaannya yakni bahan HDPE / *Thermoplastic* merupakan bahan yang *unsinkable* sekalipun kapal dalam keadaan terbalik, serta tidak perlu dilakukan pelapisan coat/cat *anti-fouling* karena bahan HDPE sudah bebas dari *fouling*, dan juga material ini sangat ramah lingkungan karena dapat di daur ulang selama masih mengandung unsur PE (*Poly-Ethylene*).

Pemilihan *Fuel cell* berbahan bakar gas hidrogen dikarenakan gas ini merupakan gas yang sangat berlimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal oleh manusia terutama pada transportasi laut, dimana gas hidrogen dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis air laut. Daya listrik yang dihasilkan dari *fuel cell* akan dikombinasikan dengan listrik dari baterai sebagai upaya menggalakkan *zero emission* yang dihasilkan kapal ikan saat beroperasi.

I.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan Permasalahan yang dibahas diatas maka terdapat beberapa permasalahan yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini ialah:

1. Bagaimana menentukan *payload* dan ukuran utama pada kapal yang akan didesain?
2. Apakah kapal yang didesain memenuhi persyaratan teknis dan regulasi yang berlaku?

3. Bagaimana kerja sistem hibrida ramah lingkungan yang terdapat pada Kapal Ikan berbahan dasar HDPE yang akan didesain?
4. Bagaimana desain *linesplan*, *general arrangement* dan *3D-modelling* dari kapal berbahan HDPE yang akan didesain?
5. Bagaimana analisis ekonomi pada pembangunan kapal yang akan didesain?

I.4. Tujuan

Tujuan utama dari Tugas Akhir ini adalah untuk mendesain kapal ikan berbahan dasar HDPE yang ramah lingkungan dengan *Hybrid power supply*. Adapun beberapa tujuan khusus dari pengerjaan Tugas Akhir ini ialah :

1. Menentukan *Payload* dan ukuran utama dari kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE berdasarkan data-data pendukung yang didapatkan.
2. Melakukan perhitungan teknis pada kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE berdasarkan regulasi dan peraturan yang disyaratkan.
3. Menjelaskan sistem kerja hibrida yang terdapat pada kapal dengan kombinasi daya dari *fuel cell*, *vertical axis wind turbines* dan juga *solar panel*.
4. Membuat gambar *linesplan*, *general arrangement* dan juga *3D-Modelling* dari kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE.
5. Melakukan analisis ekonomi terkait pembangunan kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE.

I.5. Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah yang terdapat pada pengerjaan tugas akhir ini ialah :

1. Tidak dilakukan perhitungan kekuatan pada konstruksi kapal.
2. Tidak melakukan pembuatan model kapal.
3. Analisis dan perhitungan dilakukan dengan rumus pendekatan dan software.
4. Desain kapal yang dikerjakan berupa *concept design*

I.6. Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang dapat diambil dari pengerjaan tugas akhir ini ialah :

1. Sebagai sarana pengembangan teknologi maritim di Indonesia, khususnya pada bidang pengembangan teknologi kapal ikan.
2. Sebagai referensi bahan dasar lambung kapal yang ramah lingkungan bagi industri / pemerintah

I.7. Hipotesis

Desain dan sistem dari Kapal Ikan HDPE dengan *Hybrid power supply* dari *Vertical Axis Wind Turbines*, *Photovoltaic Panel* dan *Hydrogen fuel cell* ini dapat menjadi sebuah solusi pengembangan teknologi kapal ikan untuk Provinsi Kepulauan Riau sehingga dapat memanfaatkan potensi laut dengan maksimal.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas secara detail dasar-dasar teori dalam melakukan perhitungan dan membuat desain sebuah kapal meliputi pengertian ukuran utama kapal hingga ketentuan stabilitas kapal. Pada bab ini juga terdapat beberapa tinjauan pustaka terkait jenis-jenis kapal penangkap ikan, alat penangkap ikan, material dan kapal HDPE, serta sistem hibrida yang akan diterapkan pada kapal yang akan didesain meliputi *fuel cell*, *photovoltaic panel*, dan *vertical axis wind turbine* (VAWT).

II.2. Dasar Teori

Pada penelitian Tugas Akhir ini dibutuhkan berbagai teori dasar yang berguna untuk menjadi landasan. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari materi perkuliahan, percobaan serta penelitian-penelitian yang sudah dilakukan para ahli sebelumnya. Berikut ini beberapa teori yang digunakan sebagai landasan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

II.2.1. Ukuran Utama Kapal

Perancangan sebuah kapal pada umumnya berawal dari penentuan ukuran utama kapal yang akan menjadi permulaan untuk menghitung karakteristik badan kapal dan juga performanya. Penentuan ukuran utama kapal dapat diperoleh dari data kapal pembanding yang terdapat pada website Biro Klasifikasi ataupun Kementrian Kelautan dan Perikanan khusus untuk Kapal Ikan. Namun, pada pengerjaan Tugas Akhir ini penentuan ukuran utama kapal awal berdasarkan *layout* awal kapal yang mengikuti kebutuhan dari *payload* kapal.

Adapun penjelasan mengenai ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. Loa (*Length Overall*) merupakan panjang kapal secara keseluruhan yang diukur secara horizontal dari titik depan dan titik belakang terluar kapal.
2. Lpp (*Length Between Perpendicular*) merupakan panjang kapal yang diukur antara garis tegak vertikal pada poros kemudi/*rudder* (after perpendicular) dan garis tegak

vertikal di haluan yang ditarik pada perpotongan linggi haluan dengan sarat kapal (fore perpendicular).

3. Bm (*Breadth Moulded*) merupakan lebar terbesar diukur dari bidang tengah kapal. Untuk kapal baja dan logam lainnya, breadth moulded diukur tanpa kulit, sedangkan untuk kapal kayu atau berbahan non-logam diukur dari jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.
4. H (*Height*) merupakan jarak vertikal yang diukur pada bidang tengah kapal/*midship*, dari atas lunas hingga sisi atas geladak disisi kapal.
5. T (*Draught*) merupakan jarak vertikal yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

II.2.2. Perbandingan *Ratio* Ukuran Utama Kapal

Setelah mendapatkan ukuran utama kapal, maka hal yang harus dilakukan selanjutnya ialah melakukan pengecekan terhadap *ratio*/perbandingan antar ukuran kapal yang didapatkan. Adapun pengecekan *ratio* ukuran utama ialah sebagai berikut:

1. Lpp/B berada pada *range* 3.5-10; (Lewis, 1988)
2. B/T berada pada *range* 1.8-5; (Lewis, 1988)
3. Lpp/H berada pada *range* 8.2-9; (Papanikolau, 2014)
4. Lpp/T berada pada *range* 10-30. (Lewis, 1988)

II.2.3. Koefisien Bentuk Kapal

A. Koefisien Blok (C_B)

Koefisien Blok adalah perbandingan volume antara badan kapal yang tercelup air dengan volume balok yang memiliki dimensi L x B x H kapal. Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi *Froude Number* (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan (1) di bawah ini:

$$C_B = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6Fn^3 \quad (1)$$

B. Koefisien *Midship* (C_M)

Untuk mendapatkan nilai C_M pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_B (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan (2) berikut,

$$C_M = (1 + (1 + C_B)^{3.5})^{-1} \quad (2)$$

C. Koefisien Prismatic (C_P)

Koefisien Prismatic adalah perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup di dalam air dengan volume prisma segi empat yang memiliki luas penampang gading terbesar dan panjang L . Nilai C_P dapat dicari dengan perbandingan nilai C_B dengan C_M .

$$C_P = \frac{C_B}{C_M} \quad (3)$$

D. Koefisien *Waterplan* (C_{WP})

Koefisien *waterplan* merupakan perbandingan luas bidang air pada sarat dengan luas persegi yang memiliki dimensi $L_{wl} \times B$. Untuk mendapatkan nilai C_{WP} pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_B (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan di bawah,

$$C_{WP} = \frac{(1 + 2C_B)}{3} \quad (4)$$

E. LCB

LCB merupakan letak memanjang dari titik apung (*buoyancy*). Nilai LCB dapat bernilai positif maupun negatif dari titik tengah kapal (*midship*) yang mempengaruhi hambatan kapal dan juga trim (Parsons, 2001).

$$LCB = -13.5 + 19.4 C_P \quad (5)$$

F. *Displacement*

Displacement adalah berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang merupakan hasil konversi dari volume air yang dipindahkan (*volume displacement*) menjadi satuan massa (ton).

$$Volume\ Disp (\nabla) = L \times B \times T \times C_B \ (m^3) \quad (6)$$

$$Disp (\Delta) = Volume\ Disp (\nabla) \times \rho_{air\ laut} \ (ton) \quad (7)$$

II.2.4. Hambatan Kapal

Hambatan (*Resistance*) merupakan gaya yang berlawanan dengan arah gerak kapal yang ditimbulkan akibat dorongan *fluida* yang menyentuh badan kapal. Pada pengerjaan Tugas Akhir

ini metode yang digunakan untuk menghitung hambatan ialah metode Holtrop dan Mennen dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{Tot} [C_F(1+k) + C_A] + \frac{R_W}{W} W \quad (8)$$

A. Koefisien Hambatan Gesek (C_F)

Fluida memiliki suatu sifat yaitu kekentalan atau viskositas. Dengan adanya viskositas, fluida dapat menimbulkan gesekan apabila dilewati oleh suatu benda. Untuk menentukan nilai koefisien hambatan gaya gesek, dapat menggunakan persamaan,

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (9)$$

B. Luas Permukaan Basah (S_{Tot})

Luas permukaan basah adalah seluruh luasan badan kapal yang tercelup di dalam air. Selain luasan badan kapal, terdapat luasan tambahan seperti luas *rudder*, *bilge keel*, dll. Luasan permukaan basah dapat mempengaruhi hambatan, semakin besar luasan permukaan basah maka hambatan yang dihasilkan juga akan besar.

C. Koefisien Bentuk ($1+k$)

Koefisien bentuk badan kapal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$(1+k) = (1+k_1) + [(1+k_2) - (1+k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}} \quad (10)$$

D. Coleration Allowance (C_A)

Nilai C_A diperoleh dengan menggunakan persamaan dibawah ini ($T_f/L_{wl} > 0.04$)

$$C_A = 0.006 (L_{wl} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad (11)$$

E. Koefisien Hambatan Gelombang (R_W)

Hambatan gelombang adalah gaya yang menghambat gerak kapal. Gaya tersebut diperoleh melalui gelombang air yang memiliki kemampuan untuk menahan gerak kapal. Untuk mendapatkan nilai R_W dapat menggunakan persamaan berikut,

$$R_W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 \lambda F n^d + m_2 \cos(\lambda F n^2)} \quad (12)$$

F. Gaya Berat (W)

Dengan menggunakan hukum Newton II, maka gaya berat adalah hasil kali dari *displacement* kapal (ton) dengan percepatan gravitasi (m/s^2).

II.2.5. Propulsi dan Daya Mesin Kapal

Setelah mengetahui hambatan total yang dihasilkan kapal, desainer dapat menentukan kapasitas mesin induk untuk melawan hambatan tersebut. Kapasitas dari mesin induk yang memenuhi dapat ditentukan dengan mencari nilai *Break Horse Power* (BHP). Berikut adalah cara mendapatkan BHP.

A. *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang diperlukan kapal untuk melawan hambatan yang terjadi sehingga kapal mampu bergerak sesuai dengan kecepatan yang ditentukan (Parsons, 2001). Untuk mendapatkan nilai EHP dapat dilakukan dengan persamaan di bawah,

$$P_E = R_T \times v \text{ (kW)} \quad (13)$$

B. *Thrust Horse Power* (THP)

THP merupakan daya dorong efektif yang berkurang dikarenakan perputaran *propeller* pada air, didapatkan dengan persamaan di bawah,

$$P_T = P_E \times \frac{(1 - \omega)}{(1 - t)} \text{ (kW)} \quad (14)$$

C. *Delivered Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai pada propeller. Dipengaruhi oleh efisiensi *hull* (η_H), *relative-rotative efficiency* (η_R), dan *open water efficiency* (η_o) (Parsons, 2001). Untuk mencari nilai DHP dapat menggunakan persamaan di bawah,

$$P_D = \frac{P_E}{\eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_o} \text{ (kW)} \quad (15)$$

D. *Shaft Horse Power* (SHP)

SHP merupakan daya yang telah melewati proses transmisi pada *reduction gear*. SHP dipengaruhi oleh letak kamar mesin dikarenakan letak kamar mesin di bagian belakang dan di tengah kapal memiliki *seal efficiency* (η_s) dan *line shaft bearing efficiency* (η_B) (Parsons, 2001).

$$P_S = \frac{P_D}{\eta S \cdot \eta B} \quad (16)$$

E. *Break Horse Power (BHP)*

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin induk untuk mencapai kecepatan yang direncanakan (Parsons, 2001). Persamaan untuk menghitung BHP adalah,

$$P_B = \frac{P_S}{\eta t} \quad (17)$$

F. *Maximum Continues Rates (MCR)*

MCR adalah daya yang telah ditambahkan akibat *loss* dari hal yang lain. Pertambahan daya dari BPH menuju MCR disebut *service margin* yang nilainya sebesar 15%-25%.

II.2.6. Berat Kapal

Hal yang berbeda pada Tugas Akhir ini ialah perhitungan berat lambung kapal yang menggunakan plastik HDPE dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Structure* dan *AutoCad* untuk mendapatkan luasan pelat plastik lalu akan dikalikan dengan tebal pelat dan juga massa jenis plastik HDPE. Komponen dari berat kapal secara keseluruhan terdiri dari:

A. *LWT (Light Weight Tonnage)*

Komponen yang termasuk dalam LWT pada perhitungan ialah berat kapal pada keadaan kosong seperti berat plastik HDPE lembaran (lambung), berat komponen-komponen permesinan serta perlengkapan dan *Outfitting*.

B. *DWT (Dead Weight Tonnage)*

Komponen yang termasuk dalam DWT pada perhitungan ialah komponen yang dapat berubah jumlahnya selama pelayaran/operasional kapal seperti *payload* (tangkapan ikan), serta *crew and consumables*.

II.2.7. *Freeboard*

Freeboard atau lambung timbul merupakan selisih secara vertikal antara tinggi kapal (H) dan sarat kapal (T) yang ditandai pada *summer loadline* dan diukur pada kedua sisi bagian tengah kapal/*midship*. Pada umumnya dalam menghitung *freeboard* mengacu pada ILLC (*International Load Lines Convention, 1966 on London*), namun karena kapal ikan merupakan salah satu kapal non-SOLAS maka perhitungan *freeboard* mengacu pada Non-Convention

Vessel Standard (NCVS) Indonesian Flagged kecil yang memberikan regulasi untuk kapal dengan ukuran panjang kurang dari 24 meter.

II.2.8. Trim

Trim merupakan suatu keadaan kapal yang miring secara memanjang dan ditandai dengan perbedaan sarat depan dan sarat belakang kapal, hal ini terjadi dikarenakan titik berat kapal secara memanjang/LCG dan titik gaya apung kapal secara memanjang/LCB yang tidak terletak segaris.

Trim dibedakan menjadi dua, yaitu *trim by bow* dan *trim by stern*. *Trim by bow* terjadi apabila LCG terletak di depan LCB kapal, sedangkan *trim by stern* terjadi apabila LCG terletak di belakang LCB kapal. Berdasarkan *SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Reg 5-1*, keadaan yang dapat ditoleransi pada saat mendesain ialah *trim* kapal baik itu *by bow* ataupun *by stern* nilainya tidak boleh lebih dari $\pm 0.5\% \cdot \text{LWL}$.

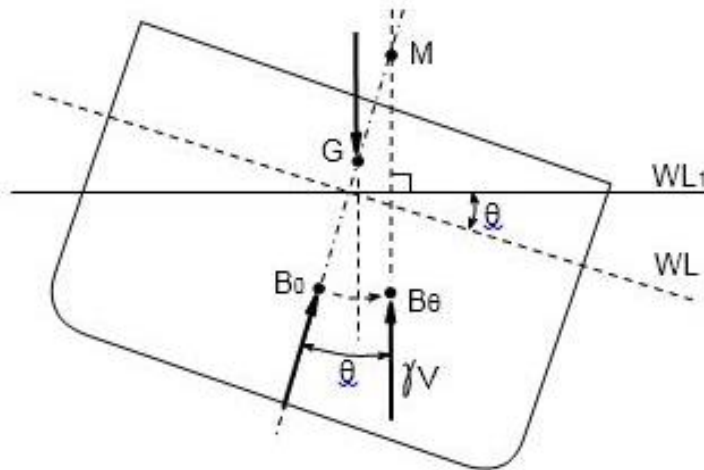
II.2.9. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi kesetimbangannya setelah mendapat gangguan gaya eksternal pada saat berlayar/beroperasi ataupun diam yang dapat berupa angin, ombak dan gelombang. Adapun perhitungan stabilitas kapal dilakukan secara melintang kapal, dikarenakan pada prakteknya gerakan *rolling* adalah yang paling sering terjadi pada kapal karena kapal lebih mudah untuk diganggu kesetimbangannya secara melintang dibandingkan secara memanjang.

Pada prinsipnya keadaan stabilitas dibagi menjadi tiga yaitu :

a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

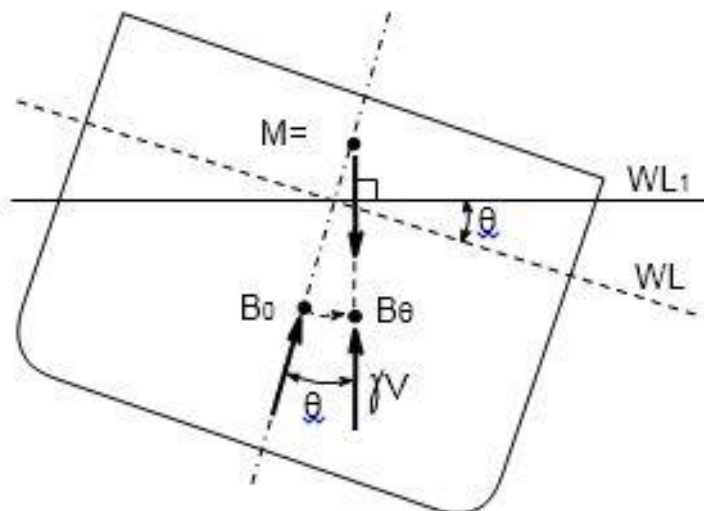
Suatu keadaan dimana titik G berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas mantap sewaktu oleng dan memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



Gambar II. 1 Kondisi Stabilitas Positif
(Sumber: (Resnaji, 2018))

b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

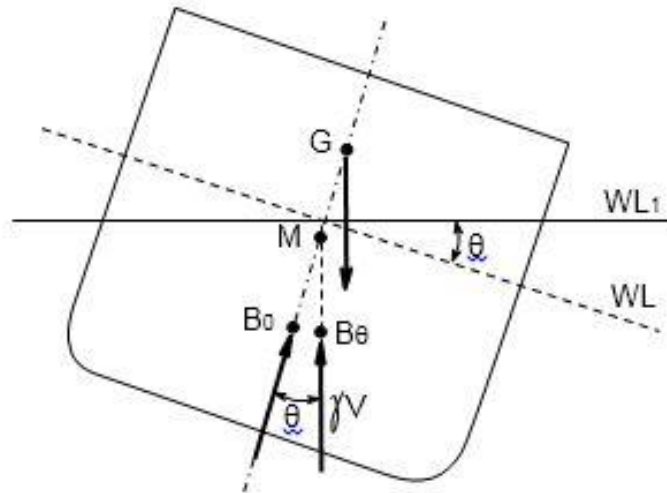
Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu oleng.



Gambar II. 2 Kondisi Stabilitas Netral
(Sumber: (Resnaji, 2018))

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu oleng tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut oleng akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik/*capsize*.



Gambar II. 3 Kondisi Stabilitas Negatif
(Sumber: (Resnaji, 2018))

Kriteria stabilitas yang digunakan pada perhitungan mengacu pada IS (*Intact Stability*)

Code Ch 3.1 yaitu:

- a. $\int_0^{30^\circ} GZ \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Persyaratan dimana luas area dibawah kurva GZ pada sudut $0-30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$.

- b. $\int_0^{40^\circ} GZ \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Persyaratan dimana luas area dibawah kurva GZ pada sudut $0-40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$.

- c. $\int_{30^\circ}^{40^\circ} GZ \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Persyaratan dimana luas area dibawah kurva GZ pada sudut $30-40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$.

- d. $GZ_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$

Persyaratan dimana pada sudut oleng 30° , lengan GZ $\geq 0.2 \text{ meter}$.

- e. H_{\max} pada $\phi_{\max} \geq 25^\circ$

Persyaratan dimana nilai GZ maksimum harus terletak pada sudut oleng $\geq 25^\circ$.

- f. $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Persyaratan dimana tinggi jari-jari metasenter awal $GM_0 \geq 0.15 \text{ meter}$.

II.3. Tinjauan Pustaka

II.3.1. Kapal Penangkap Ikan

Kapal penangkap ikan merupakan kapal yang dikonstruksi dan digunakan khusus untuk menangkap ikan sesuai dengan alat penangkap dan teknik penangkapan ikan yang digunakan termasuk menampung, menyimpan dan mengawetkan. (Niam, 2017) Berdasarkan data dari *website* resmi FAO, pada tahun 2004, terdapat 4 Juta kapal penangkap ikan komersial dimana 1,3 juta merupakan kapal yang memiliki geladak tertutup dan 40 ribu diantaranya berbobot

lebih dari 100 ton. Sekitar 2/3 dari 4 Juta kapal tersebut merupakan perahu penangkap ikan tradisional yang masih digerakkan dengan layar dan dayung.

Pada dasarnya jenis-jenis kapal ikan dibedakan berdasarkan jenis alat tangkap yang digunakan, yakni sebagai berikut:

A. *Seiners*

Kapal ikan jenis *seiners* atau sering juga disebut *purse seine* merujuk pada kapal ikan yang menggunakan alat tangkap berupa pukat/*seine*, jenis kapal ini biasa digunakan untuk menangkap ikan yang berada dekat permukaan air laut. Berikut ini gambar dari kapal ikan jenis *Seiners*:



Gambar II. 4 Kapal Ikan *Seiners*
(sumber : www.marineinsight.com)

B. *Longliners*

Kapal ikan jenis *Longliners* merupakan salah satu jenis kapal ikan *troller/trawler*, namun pada kapal *troller* pada saat menangkap ikan akan menggunakan banyak tali pancing, sementara pada *Longliners* hanya menggunakan satu tali pancing yang sangat panjang yang dilengkapi dengan kurang lebih 1000 umpan. Berikut ini gambar dari kapal ikan jenis *longliners*:



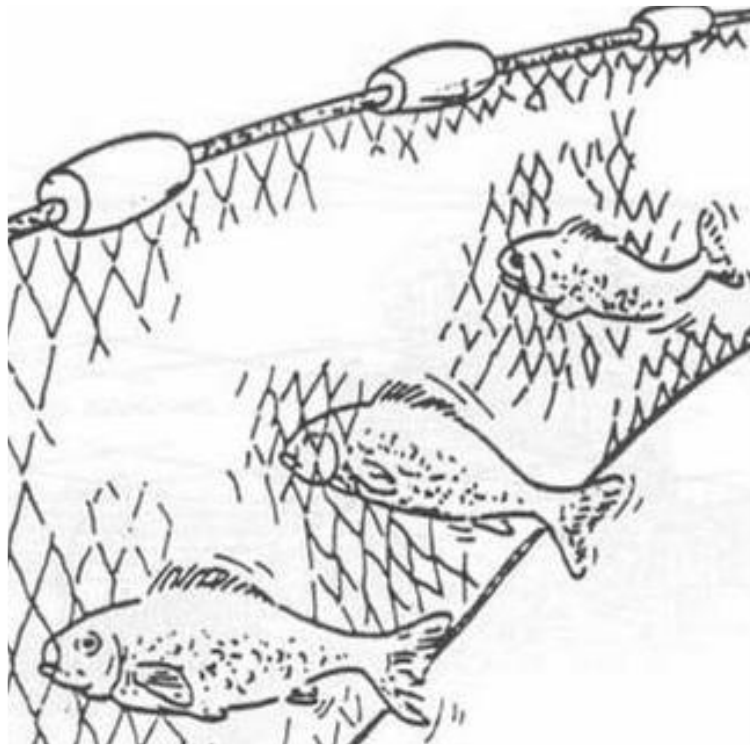
Gambar II. 5 Kapal Ikan Longliners
(sumber : www.marineinsight.com)

C. *Gillnetters*

Kapal ikan jenis *Gillnetters* merujuk pada kapal yang menggunakan alat tangkap gillnet/jaring insang untuk menjebak ikan yang akan tersangkut di jaring pada bagian insangnya. Alat tangkap jenis ini dapat dioperasikan baik dengan cara manual ataupun dibantu teknologi otomatis untuk hasil tangkapan ikan yang lebih baik. Berikut ini gambar dari kapal ikan jenis *gillnetters*:



Gambar II. 6 Kapal Ikan Gillnetters
(sumber : www.marineinsight.com)



Gambar II. 7 *Gill netting*
(sumber : (Authorities, 2003))

Proses penangkapan ikan dengan menggunakan jaring insang dinamakan *gillnetting* yang terlihat seperti pada Gambar II. 7 dimana ikan akan terjebak di jaring insang yang statis pada bagian insangnya. Alat tangkap ini cukup efisien untuk digunakan dan juga tidak memerlukan daya yang besar untuk mengangkat dan menangkap ikan dikarenakan jaring insang pada keadaan statis, oleh karena itu kapal ikan yang didesain pada Tugas Akhir ini menggunakan alat tangkap jenis ini.

D. *Crabbers*

Crabbers merupakan kapal ikan yang bertujuan utama menangkap jenis tangkapan laut *crustacea* seperti *lobster* dan kepiting. Kapal ikan jenis ini dilengkapi dengan alat tangkap khusus berupa perangkap yang diletakkan pada dasar laut untuk menjebak biota laut *crustacea*. Berikut ini gambar dari kapal ikan jenis *crabbers*:



Gambar II. 8 Kapal Ikan Crabbers
(sumber : www.marineinsight.com)

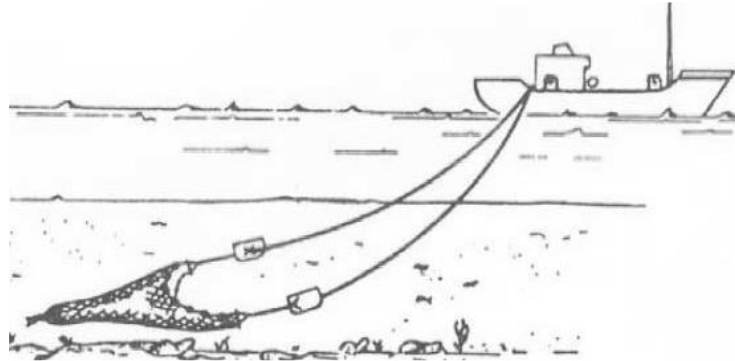
E. *Trawlers*

Trawlers merupakan jenis kapal ikan yang sangat umum ditemui dalam dunia perikanan. Seperti namanya, alat tangkap pada kapal ini berupa jaring pukat/*trawl* yang digunakan untuk menangkap jumlah ikan yang banyak pada permukaan dalam sekali pengoperasian alat tangkap ini. Pada kapal jenis ini proses penangkapan ikan berlangsung dengan pukat yang dilemparkan ke laut lalu ditarik oleh kapal yang bergerak maju ke depan. Berikut ini gambar dari kapal ikan jenis *trawlers*:

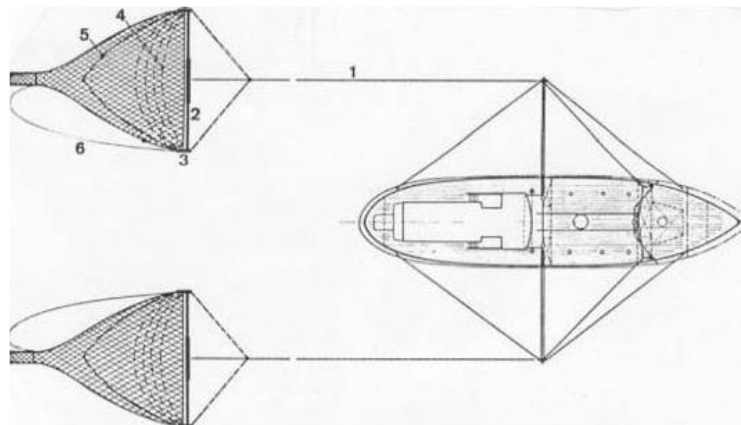


Gambar II. 9 Kapal Ikan *Trawlers*
(sumber : www.marineinsight.com)

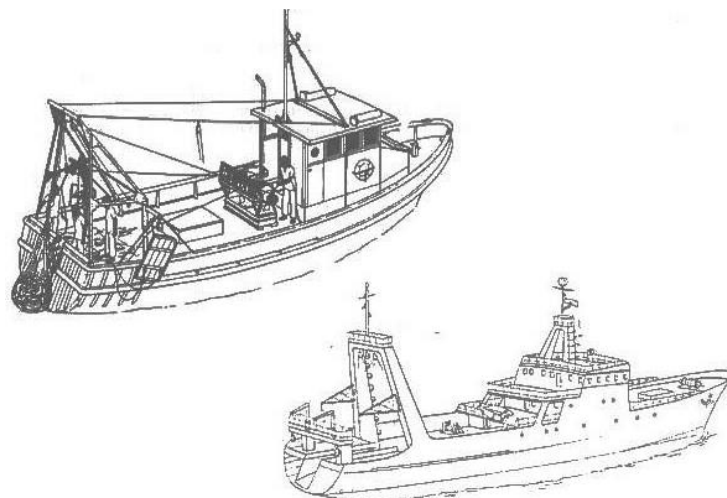
Kapal ikan jenis *trawlers* memiliki tiga jenis konfigurasi peralatan tangkap yakni *side trawler*, *beam trawler* dan juga *stern trawler*. Berikut ini merupakan gambar dari masing-masing konfigurasi kapal ikan jenis *trawlers*:



Gambar II. 10 *Side Trawler*
(sumber : (Authorities, 2003))



Gambar II. 11 *Beam Trawler*
(sumber : (Authorities, 2003))



Gambar II. 12 *Stern Trawler*
(sumber : (Authorities, 2003))

Seperti terlihat pada Gambar II. 10, pada *side trawler* proses penangkapan ikan dengan cara menyeret jaring pada salah satu sisi kapal saja. Sedangkan terlihat pada Gambar II. 11 proses penangkapan ikan menggunakan dua jaring yang diseret pada masing-masing sisi kapal. Sementara itu, terlihat pada Gambar II. 12 jaring akan diseret dan dinaikkan ke kapal pada bagian buritan kapal.

F. *Drifters*

Drifters mengacu pada jenis kapal ikan yang menggunakan alat tangkap berupa jaring penyeret untuk mengangkut dan menjebak ikan. Jaring yang dilemparkan ke laut akan jatuh seperti tirai dan alat tangkap jenis ini biasa digunakan untuk menangkap ikan jenis pelagik kecil yaitu haring/*herring*. Berikut ini gambar dari kapal ikan jenis *drifters*:



Gambar II. 13 Kapal Ikan *Drifters*
(sumber : www.marineinsight.com)

G. *Factory Ship*

Factory ship merupakan jenis kapal ikan yang berfungsi seperti pabrik ikan di darat untuk menangkap dan juga mengolah hasil tangkapan menjadi produk setengah jadi atau produk jadi seperti ikan kaleng. Beberapa jenis *factory ship* tidak menangkap ikan secara langsung, melainkan hanya mengumpulkan hasil tangkapan dari beberapa kapal penangkap ikan lalu melakukan proses pengolahan *on-board* untuk selanjutnya dibawa ke darat dalam bentuk produk jadi. Berikut ini gambar dari kapal ikan jenis *factory ship*:



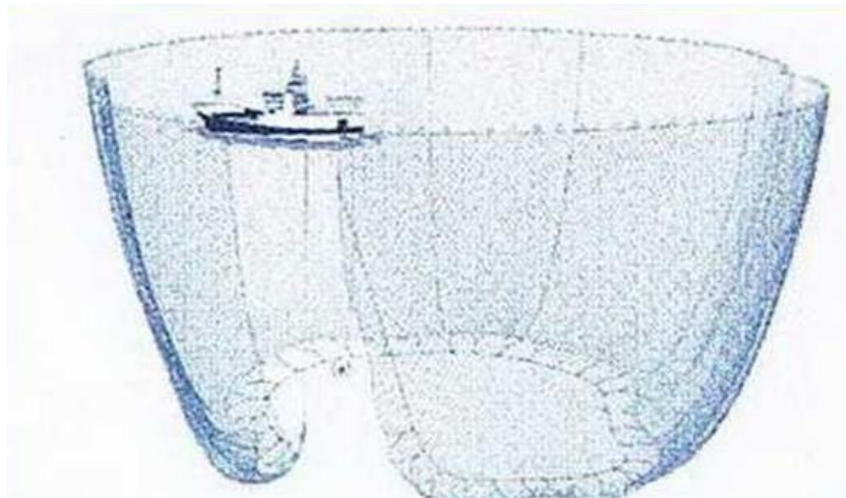
Gambar II. 14 Kapal Ikan *Factory Ship*
(sumber : www.marineinsight.com)

II.3.2. Alat Penangkapan Ikan

Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan (PERMEN-KP) Republik Indonesia Nomor 71 tahun 2016 pada Bab III Pasal 6 terdapat 10 kelompok alat penangkapan ikan (API) yang digunakan pada WPPNRI (Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia, yaitu:

A. Jaring lingkar (surrounding nets)

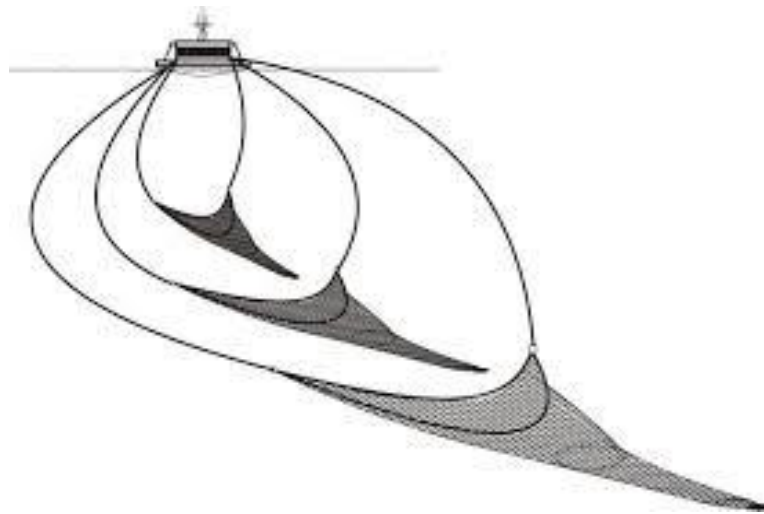
API jenis ini biasa digunakan pada kapal jenis *purseiners*. Jaring lingkar juga biasa disebut pukot cincin (*Purse seine*) yang dioperasikan dengan melingkarkan jaring seperti cincin untuk menjerat ikan seperti terlihat pada Gambar II. 15 berikut ini:



Gambar II. 15 API Jenis Pukat cincin
(sumber : www.indonetwork.co.id)

B. Pukat tarik (seine nets)

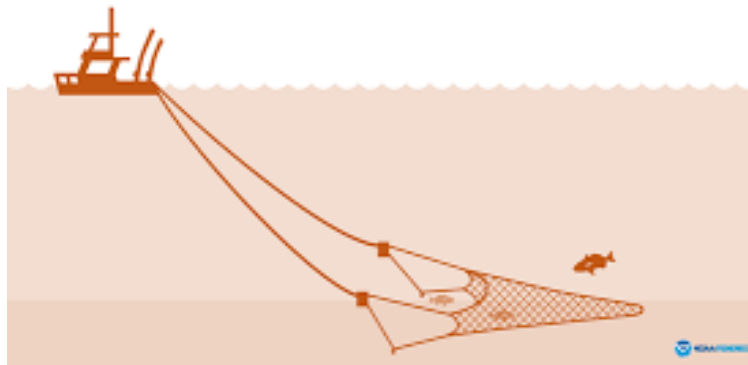
API jenis ini dioperasikan dengan cara disebar ke area segerombolan ikan lalu pukat ditarik ke arah kapal yang sedang berhenti atau lego jangkar atau ke arah darat/pantai. Pengoperasian API jenis ini dapat dilakukan pada permukaan, pertengahan dan juga dasar perairan. Pukat tarik dibagi menjadi dua yakni pukat tarik pantai dan pukat tarik berkapal (*dogol/danish seines*, *scottish seines*, *pair seines*, *payang*, *cantrang* dan juga *lempara dasar*). Salah satu jenis API ialah *dogol/danish seines* yang memiliki jaring berlapis-lapis dalam satu kali pengoperasian seperti terlihat pada Gambar II. 16 berikut ini:



Gambar II. 16 API Jenis Pukat Tarik (*Danish Seines*)
(sumber : www.committedtocrab.org)

C. Pukat hela (trawls)

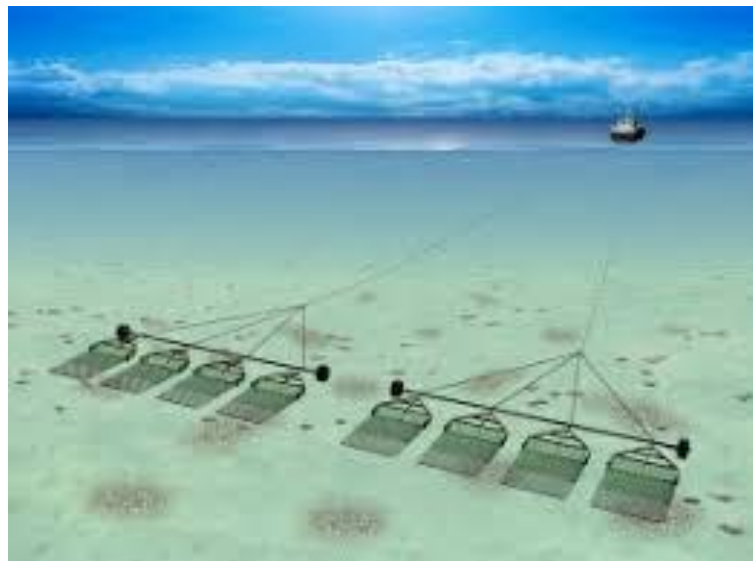
API jenis ini sudah dilarang untuk dioperasikan pada beberapa area penangkapan ikan di seluruh Indonesia khususnya untuk pukat hela yang dioperasikan pada dasar perairan, namun pada kenyataannya masih terdapat kapal ikan yang menggunakan pukat hela/*trawls*. Secara sekilas bentuk API ini sama seperti jenis pukat tarik, namun yang membedakan ialah pada saat pengoperasian yakni pukat hela akan disebar ke area yang terdapat banyak ikan, kemudian pukat hela akan ditarik oleh kapal yang melaju dengan kecepatan tertentu. Pukat hela terdiri dari pukat hela dasar (*bottom trawls*), pukat hela pertengahan (*midwater trawls*), pukat hela kembar berpapan (*otter twin trawls*) dan pukat dorong. API jenis pukat hela dapat dilihat pada Gambar II. 17 dibawah ini:



Gambar II. 17 API Jenis Pukat Hela (trawls)
(sumber : www.fisheries.noaa.gov)

D. Penggaruk (dredges)

API jenis ini dioperasikan dengan cara seperti menggaruk dasar perairan dengan sasaran ikan karang dan juga biota karang. Penggaruk/*dredges* yang biasa digunakan terdiri dari penggaruk berkapal (*boat dredges*) dan penggaruk tanpa kapal (*hand dredges*) yang dioperasikan secara manual oleh nelayan dari pesisir pantai. API jenis *boat dredges* dapat dilihat pada Gambar II. 18 dibawah ini:

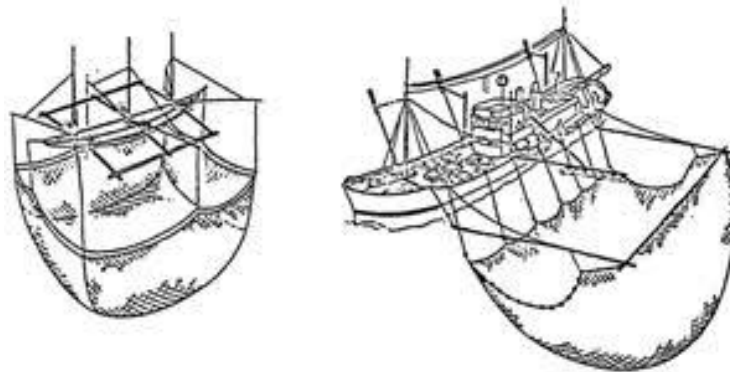


Gambar II. 18 API Jenis Penggaruk Berkapal (*Boat Dredges*)
(sumber : seafish.org)

E. Jaring angkat (lift nets)

API jenis ini terdiri dari anco (*portable lift nets*), jaring angkat berperahu (bouke ami dan bagan berperahu) dan juga bagan tancap. Jaring angkat dioperasikan dengan bantuan *outrigger* pada kedua sisi kapal sebagai tumpuan jaring yang akan diturunkan ke permukaan air. Stabilitas kapal menjadi hal yang penting dikarenakan

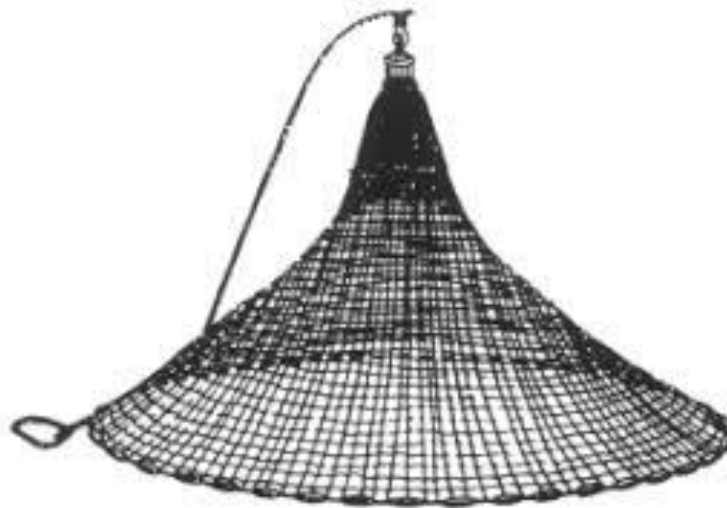
gerakan tambahan dari ikan yang terjerat pada kedua sisi kapal dapat mengganggu kestabilan kapal. API jenis bouke ami terlihat pada Gambar II. 19 dibawah ini:



Gambar II. 19 API Jenis *Lift Nets*/Bouke Ami
(sumber : fao.org)

F. Alat yang dijatuhkan (falling gears)

API jenis ini terdiri dari jala jatuh berkapal (*cast nets*) dan juga jala tebar. Pengoperasian API ini ialah dengan menebar jala seperti pada Gambar II. 20 ke dalam air, setelah beberapa saat, tali pengunci bagian bawah jala ditarik dan jala akan menutup untuk menjerat ikan kemudian ditarik ke geladak kapal.

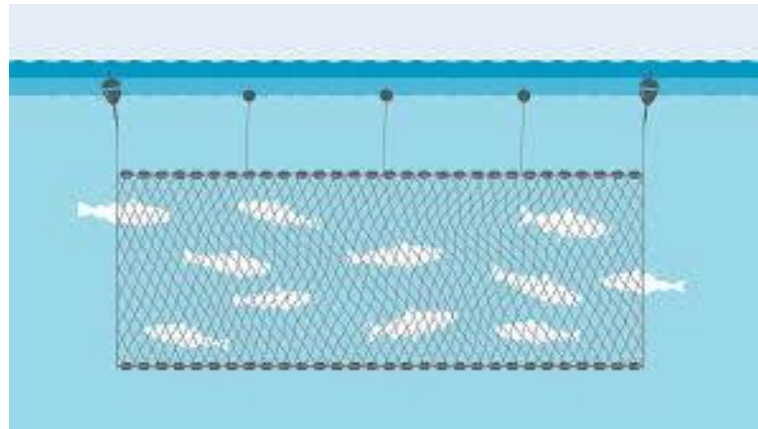


Gambar II. 20 API Jenis *Cast Nets*
(sumber : snlcorp.com)

G. Jaring insang (gillnets and entangling nets)

API jenis ini terdiri dari jaring insang tetap, hanyut, lingkar, berpancang, berlapis dan juga *combined gillnets-trammel net*. Pada dasarnya API jenis jaring insang merupakan alat tangkap pasif/tidak bergerak sehingga tidak membutuhkan daya lebih untuk selama proses penangkapan/penjeratan ikan. Ikan akan terjerat pada

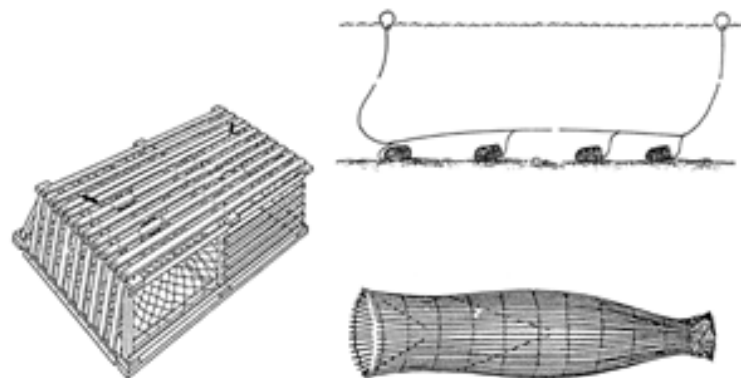
bagian insangnya seperti terlihat pada Gambar II. 21. Setelah beberapa waktu jaring insang dibiarkan, lalu akan diangkat ke geladak kapal.



Gambar II. 21 API Jenis Jaring Insang/*gill nets* tetap
(sumber : msc.org)

H. Perangkap (traps)

API jenis ini terdiri dari *stationary uncovered pound nets/set net*, bubu (*pots*), bubu bersayap (*fyke nets*), *stow nets* (togo, pukot labuh, ambai, jermal, pengerih), muro ami, seser dan lainnya. API jenis perangkap/*traps* digunakan untuk menangkap secara spesifik ikan dan juga krustasea pada bagian dasar perairan. API jenis bubu/*pots* terlihat pada Gambar II. 22 dibawah ini:

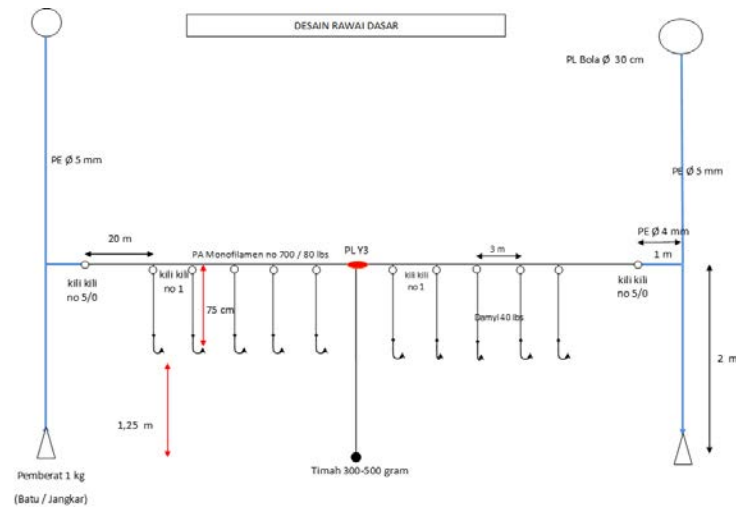


Gambar II. 22 API Jenis Bubu/*Pots*
(sumber : fao.org)

I. Pancing (hooks and lines)

API jenis ini terdiri dari *handline and pole-lines/hand operated* (pancing ulur, pancing berjoran, huhate dan *squid angling*), *handline and pole-lines/mechanized* (*squid jigging* dan huhate mekanis), rawai dasar, rawai hanyut (rawai tuna dan rawai cucut), tonda (*trolling lines*) dan pancing layang-layang. Pengoperasian API jenis ini ialah dengan menggunakan kail yang digantungkan pada seutas tali yang panjang

untuk memancing ikan bergerombol menuju permukaan air. API jenis rawai dasar dapat terlihat pada Gambar II. 23 dibawah ini:



Gambar II. 23 API Jenis Rawai Dasar
(sumber : bp3ambon-kkp.org)

J. Alat penjepit dan melukai (grappling and wounding)

API jenis ini terdiri dari tombak, ladung dan juga panah. Pengoperasian API jenis ini dilakukan secara manual yakni nelayan akan menyelam menuju gerombolan ikan secara perlahan lalu pada saat yang tepat akan dilepaskan tombak ataupun anak panah untuk melukai dan menangkap ikan. Penangkapan ikan dengan menggunakan tombak dapat terlihat pada Gambar II. 24 dibawah ini:



Gambar II. 24 API Jenis Tombak/Spearfishing
(sumber : www.leisurepro.com)

II.3.3. High Density Polyethylene

High Density Polyethylene (HDPE) merupakan salah satu jenis plastik yang memiliki kekakuan lebih tinggi dibanding jenis plastik lain. Jenis plastik ini memiliki sifat lebih tahan

benturan dan lebih kaku. HDPE memiliki *density* 59.88 lbs/ft³ dengan titik leleh 259-267 °F atau sekitar 126.11 °C. Pengaplikasian HDPE biasa digunakan untuk bahan baku tandon air, kontainer makanan, dan pipa instalasi bawah tanah. Pada umumnya produk berbahan HDPE memiliki logo daur ulang dengan angka 2 di tengah, serta terdapat tulisan HDPE (high density polyethylene) di bawahnya.



Gambar II. 25 Logo HDPE
(sumber : www.qualitylogoproducts.com)

HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemas. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. (Hidayat, 2016)

Terdapat beberapa alasan untuk menjadikan HDPE sebagai bahan utama lambung kapal yakni memiliki *buoyancy* yang lebih dikarenakan HDPE lebih ringan massa jenisnya dibandingkan air sekitar 930-970 kg/m³ bahkan plastik akan tetap mengapung apabila diisi dengan air/*submerged*, tahan terhadap korosi, tahan terhadap pertumbuhan *biofouling*, tahan terhadap cairan kimia yang agresif, tahan terhadap beban impak sehingga tidak perlu khawatir dengan bebatuan tajam, serta tahan terhadap sinar UV dikarenakan HDPE untuk lambung kapal akan dicampurkan dengan karbon yang dapat mencegah material menjadi *brittle* karena sinar matahari. (Boats, 2018) Untuk lebih jelasnya mengenai sifat mekanis dari bahan HDPE dapat dilihat pada Tabel II. 1 berikut ini.

Tabel II. 1 Mechanical Properties of HDPE
(Siswandi B, 2016)

<i>Property</i>	<i>Properties of HDPE</i>	<i>Unit</i>	<i>Test Method</i>
<i>Density</i>	0.946 to 0.972	g/cm ³	ASTM D-792
<i>Melt Mass Flow Rate</i>	0.030 to 10 (190°C/2.16 kg)	g/10 min	ISO 1133

<i>Property</i>	<i>Properties of HDPE</i>	<i>Unit</i>	<i>Test Method</i>
<i>Tensile Yield Stress</i>	min 17	N/mm ²	ASTM D-638
<i>Tensile Break Stress</i>	min 14	N/mm ²	ASTM D-638
<i>Ultimate Tensile Stress</i>	min 24	N/mm ²	ASTM D-638
<i>Tensile Elongation at Yield</i>	1.0 to 27	%	ASTM D-638
<i>Tensile Elongation at Break</i>	10 to 1500	%	ASTM D-638
<i>Tensile Creep Modulus</i>	292 (After 1000 hrs)	N/mm ²	ISO 899-1
<i>Compressive Stress</i>	20	N/mm ²	ASTM D-695
<i>Shear Strength</i>	18	N/mm ²	ASTM D-792
<i>Flexural Strength</i>	40	N/mm ²	ASTM D-790
<i>Flexural Modulus</i>	750	N/mm ²	ASTM D-790

Berdasarkan sifat mekanis HDPE pada Tabel II. 1, Salah satu perusahaan manufaktur kapal berbahan HDPE, Rhino Marine Products (Pty) Ltd telah membandingkan keunggulan bahan HDPE dari beberapa aspek dibandingkan dengan Aluminium dan *Fibreglass* seperti pada di bawah ini:

Tabel II. 2 Perbandingan HDPE dengan Aluminium dan *Fibreglass*
(sumber : www.rhinomarineboats.com)

<i>Application</i>	<i>Alumunium Boats</i>	<i>HDPE Rhino Boats</i>	<i>Fibreglass RIB</i>
<i>Impact Resistance</i>	<i>Good</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>Repair Ability</i>	<i>Good</i>	<i>Excellent</i>	<i>Good</i>
<i>Mass</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>	<i>Good</i>
<i>General Abuse Resistance</i>	<i>Poor</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>UV Resistance</i>	<i>Excellent</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>Maintenance</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
<i>Sandy Beach Landing</i>	<i>Good</i>	<i>Good</i>	<i>Good</i>

<i>Application</i>	<i>Alumunium Boats</i>	HDPE Rhino Boats	<i>Fibreglass RIB</i>
<i>Rocky Beach Landing</i>	<i>Poor</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>Puncture Resistance</i>	<i>Poor</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>

II.3.4. Kapal HDPE

Kapal HDPE adalah kapal yang terbuat dari material *thermoplastic*, dimana *High Density Poly-Ethylene* (HDPE) merupakan salah satu polietilena termoplastik yang dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 2 pada simbol daur ulang.



Gambar II. 26 HDPE *Fishing Vessel*
(sumber : www.floatongroup.com)

Seperti terlihat pada Gambar II. 26 HDPE *Fishing Vessel* Gambar II. 26, di Indonesia sudah dimulai produksi kapal ikan berbahan dasar HDPE yang diproduksi oleh PT. Flaoton Bahari Indonesia. Perusahaan ini sudah memproduksi kapal ikan 3 GT dan 5 GT dan juga kapal *catamaran*, *interceptor*, dan juga *passenger boat*. Material HDPE juga digunakan oleh perusahaan ini dalam membuat *floating house*, *floating platform* (dermaga) dan *floating aquaculture* (keramba jaring apung).

Produksi kapal *poliethylene* densitas tinggi memiliki dua metode utama, yaitu metode *rotating molding* dan metode pengelasan. Metode *rotating molding* merupakan metode pertama yang digunakan untuk memproduksi kapal *poliethylene*. Penggunaan cetakan berbahan pelat baja yang nantinya akan dipanaskan dan diputar, hal tersebut bertujuan agar bijih plastik yang telah meleleh dapat menempel dipermukaan cetakan. Metode kedua adalah metode dengan pengelasan. Ada tiga jenis utama dari pengelasan HDPE, *Butt Welding*, *Tack Welding* dan *Extrusion Welding*. Dalam proses fabrikasi, banyak digunakan *tack* dan *extrusion welding*. *Tack welding* digunakan terutama untuk penyambungan bagian ke posisinya yang kemudian akan

dilakukan *extrusion welding* untuk menyatuhkan bagian-bagian kapal. Semua pengelasan disiapkan dengan *roughened V-mitre*. Mesin las *extrusion welding* terdiri dari *nozzle* yang menghembuskan udara panas untuk melelehkan bahan induk di *V-mitre* ke *plastic welding rod* seperti terlihat pada (Hidayat, 2016)



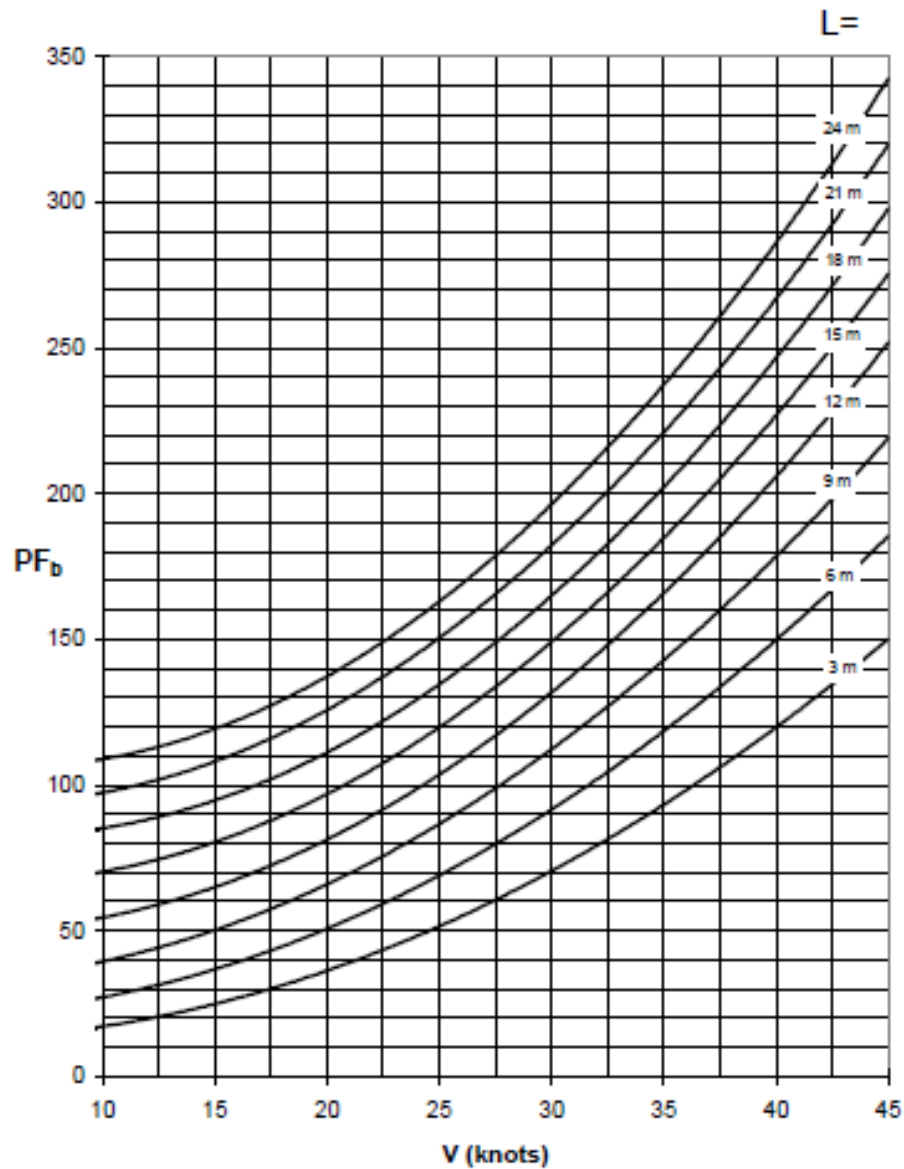
Gambar II. 27 Proses Rotation Moulding HDPE
(sumber : youtube – pioner boats polyethynene rotational moulding)



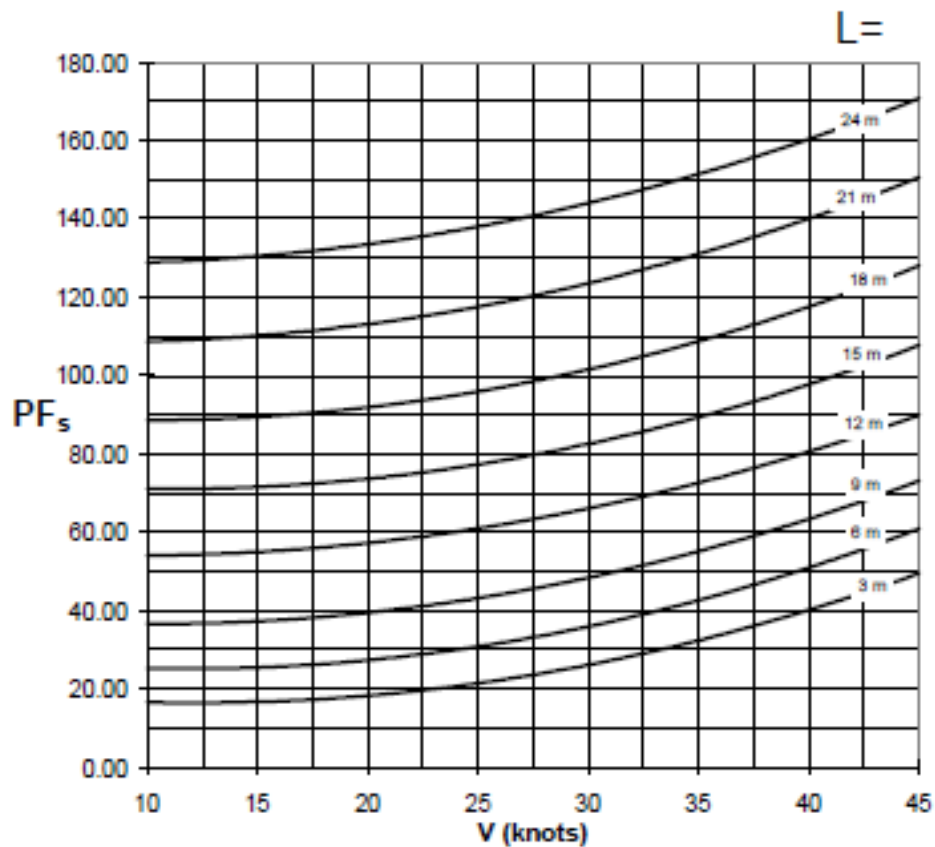
Gambar II. 28 Proses Pengelasan HDPE
(sumber : youtube – welding HDPE)

Perancangan pada Tugas Akhir ini akan menggunakan proses produksi dengan pengelasan atau *welding* seperti terlihat pada Gambar II. 28. Hal ini dikarenakan proses *moulding* membutuhkan biaya yang lebih mahal dan juga terdapat banyak keterbatasan untuk bentuk lambung karena mempertimbangkan pelepasan lambung kapal dari cetakan. Sedangkan dengan proses pengelasan seperti yang diproduksi oleh PT. Floaton Bahari Indonesia keterbatasannya hanya pada panjang kapal yakni maksimal sampai 24 meter, sementara untuk bentuk lambung tidak terdapat *limitation* pada proses produksi.

Dasar dari penentuan *limitation* ukuran maksimal panjang kapal ($L=24$ meter) pada kapal bahan dasar HDPE mengacu pada regulasi DNV-GL dimana koefisien *pressure factor* untuk *design load* dimulai dari kapal dengan panjang 3 meter – 24 meter seperti terlihat pada Gambar II. 29 dan Gambar II. 30 berikut ini:



Gambar II. 29 Diagram Pressure Factor Pelat Bottom
(sumber : DNV-GL Standard 2-21)



Gambar II. 30 Diagram Pressure Factor Pelat Side
(sumber : DNV-GL Standard 2-21)

II.3.5. Hybrid System

Dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, dewasa ini mulai dikembangkan teknologi yang ramah lingkungan dan tidak menghasilkan emisi buangan seperti pengalihan penggunaan mesin diesel menuju penggunaan mesin elektrik.

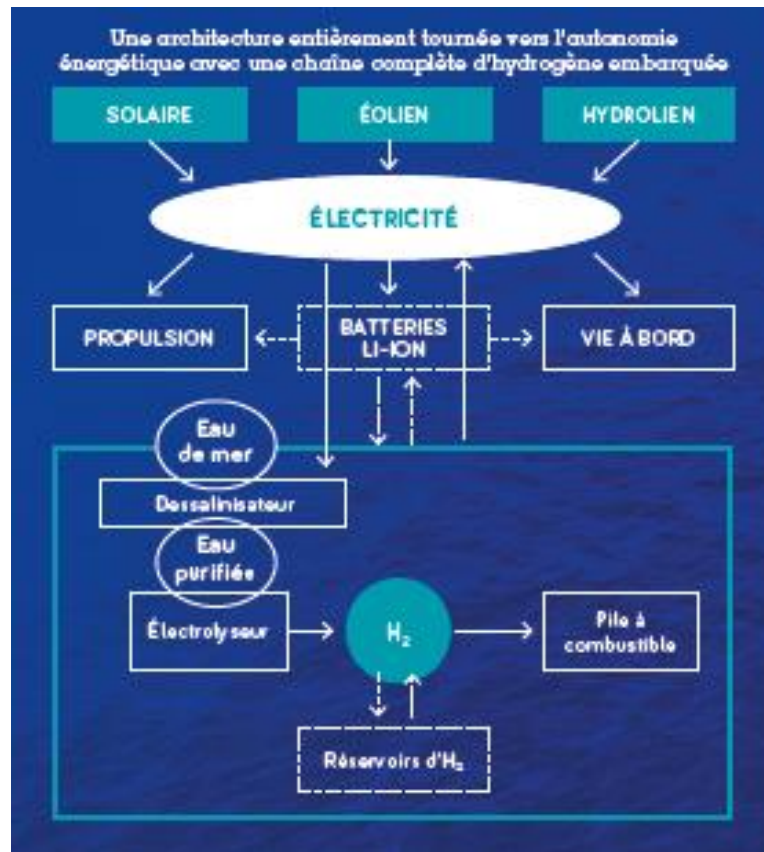
Energy Observer merupakan salah satu organisasi yang melakukan inovasi di bidang energi terbarukan untuk digunakan di kapal. Energy Observer mengonversi kapal yang sebelumnya merupakan *racing boat* menjadi kapal penelitian pertama di dunia yang menggunakan tenaga berupa gas hidrogen yang diproduksi langsung di kapal. Kapal Energy Observer seperti terlihat pada Gambar II. 31 berikut ini:



Gambar II. 31 Kapal Energy Observer
(sumber : Press Kit Energy Observer)

Seperti terlihat pada Gambar II. 31 kapal Energy Observer merupakan kapal *catamaran* yang dimodifikasi dengan penambahan *Photovoltaic Panel* pada hampir seluruh bagian permukaan kapal dan juga penambahan dua buah VAWT pada kedua sisi kapal. Kapal ini memiliki spesifikasi $L = 30.5$ m, $W = 12.8$ m (antar kedua lambung *catamaran*) dengan *displacement* sebesar 30 ton dan kecepatan dinas 8-10 knot.

Misi utama dari kapal penelitian ini adalah berkeliling dunia untuk membuktikan bahwa dengan daya yang berasal dari energi terbarukan mampu digunakan dalam ekspedisi selama 6 tahun, mengunjungi 50 negara, dengan 101 pemberhentian dimulai dari tahun 2017 hingga 2022. (Erussard, 2018) Salah satu destinasi yang menjadi pemberhentian kapal ini ialah Indonesia yang dijadwalkan pada tahun 2022. Gambar II. 32 berikut ini merupakan sistem hibrida kapal Energy Observer:



Gambar II. 32 Sistem Hibrida Pada Kapal Energy Observer
(sumber : www.energy-observer.org)

Seperti terlihat pada Gambar II. 32, listrik yang merupakan daya utama pada kapal Energy Observer diperoleh dari tiga sumber energi terbarukan yakni SOLAIRE (sinar matahari), ÉOLIEN (Angin), dan HYDROLIEN (Hidrogen).

II.3.6. Proses Produksi Hidrogen

Salah satu sumber tenaga listrik dari kapal hibrida yang akan didesain ialah berasal dari *fuel cell* dengan bahan bakar utama gas hidrogen yang langsung diproduksi *on-board*. Proses produksi gas hidrogen dari air laut dibagi menjadi tiga, yakni:

A. Proses Desalinasi

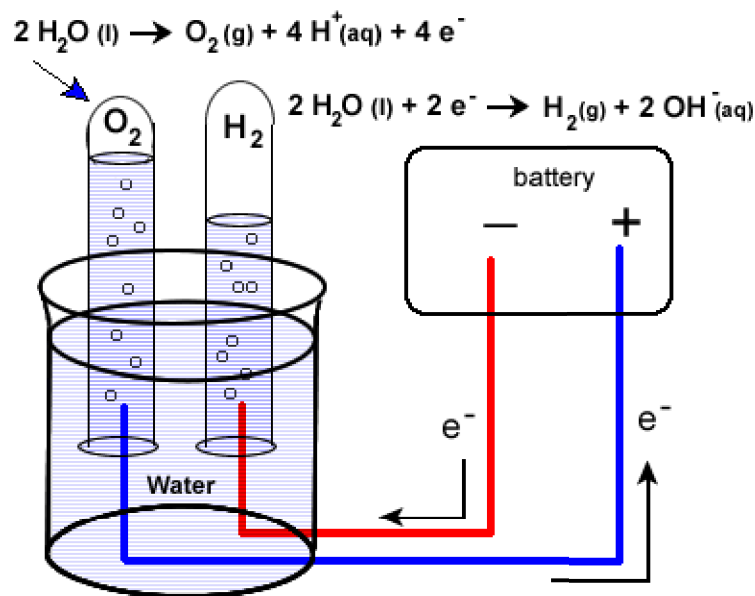
Sumber utama dalam proses produksi gas hidrogen merupakan air laut/*seawater* yang masuk ke dalam tanki *seawater* melalui *seachest* pada lambung kapal. Mekanisme air laut yang masuk ke dalam tanki ialah dengan membuka *valve*, maka air laut akan masuk ke dalam tanki melalui beberapa *strainer* agar kotoran-kotoran, ikan dan juga komponen selain air laut tidak ikut masuk ke dalam tanki. Pada saat tanki sudah penuh maka ditunggu beberapa saat agar kotoran dan zat lain yang masih lolos dari proses

penyaringan mengendap pada bagian bawah tanki, lalu dilakukan proses desalinasi dengan alat desalinator.

Prinsip kerja desalinator pada dasarnya ialah memurnikan air laut menjadi air tawar (H_2O) dengan menyisahkan campuran lain pada air laut seperti kandungan mineral, garam, serta zat-zat residu lainnya.

B. Proses Elektrolisis

Setelah air laut dimurnikan menjadi *fresh water* melalui proses desalinasi, maka selanjutnya akan dilakukan reaksi elektrolisis untuk mengubah H_2O yang merupakan cairan/*liquid* menjadi gas hidrogen dan gas oksigen yang disebut reaksi hidrolisis. Reaksi elektrolisis membutuhkan sejumlah energi listrik untuk melepaskan ion-ion yang berikatan pada suatu senyawa. Listrik yang dialirkan pada sel elektrolisis akan menghasilkan ion-ion yang terbentuk pada elektroda positif (anoda) dan juga elektroda negatif (katoda). Ilustrasi proses elektrolisis air (H_2O) terlihat seperti pada Gambar II. 33 berikut ini:



Gambar II. 33 Proses Elektrolisis H_2O
(sumber : www.chem.libretexts.org)

C. Proses Kompresi

Dikarenakan pada keadaan standar/suhu ruangan (STP) sifat dari gas hidrogen memiliki densitas sangat rendah yaitu hanya $\rho_{\text{H}_2} = 0,08988 \text{ kg/m}^3$ hal ini dikarenakan gas hidrogen memiliki massa atom paling ringan dengan $A_r = 1$, maka pada umumnya penyimpanan gas hidrogen berada pada tekanan yang tinggi untuk menaikkan densitas gas hidrogen sehingga dibutuhkan proses kompresi untuk memampatkan volume gas

hidrogen. Penyimpanan gas hidrogen pada umumnya berada pada kisaran tekanan 150-350 bar atau lebih. Densitas gas hidrogen yang lebih tinggi akan menghasilkan energi yang lebih tinggi pada reaksi kimia yang akan terjadi pada *fuel cell*.

II.3.7. *Fuel Cell*

Fuel cell merupakan sebuah sel elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi listrik dengan melalui reaksi elektrokimia dengan bahan bakar utama gas hidrogen dan oksigen/gas oksida lainnya. Konsep ini berbeda dengan baterai karena energi kimia pada baterai berasal dari bahan kimia yang sudah ada didalam baterai sementara pada *fuel cell* energi kimia dihasilkan dari bahan bakar gas hidrogen yang akan terus menghasilkan energi listrik selama bahan bakar tersedia. (L. van Biert, 2016)

Fuel cell secara umum mempunyai reaksi kimia $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$, dan *fuel cell* juga dibedakan menjadi beberapa jenis yakni:

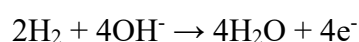
A. Alkaline Fuel Cell (AFC)

AFC merupakan jenis *fuel cell* yang pertama dikembangkan, dan paling terkenal untuk digunakan Angkutan luar angkasa NASA. AFC juga merupakan *fuel cell* pertama yang digunakan untuk menggerakkan kapal penumpang, The Hydra, dengan daya 5 kW AFC. *Output* daya dari AFC yang khas adalah 1-5 kW, namun belakangan ini dilakukan pengujian hingga *output* daya 200 kW dari AFC.

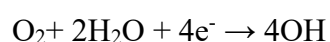
AFC terdiri dari anoda Nikel, katoda Perak dan larutan elektrolit alkali seperti Kalium Hidroksida, KOH yang dapat dimobilisasi atau diimobilisasi dalam matriks. Pada AFC, gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dan hidroksil ion (OH^-) diangkut melalui elektrolit dari katoda ke anoda. Hidrogen dan oksigen yang akan dialirkan ke AFC harus memiliki kemurnian yang sangat tinggi untuk menghindari degradasi AFC. (Tomas Tronstad, 2017)

Pada pesawat ruang angkasa milik NASA, AFC juga digunakan sebagai sumber air dan panas. AFC memiliki reaksi utama sebagai berikut:

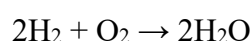
Reaksi pada anoda:



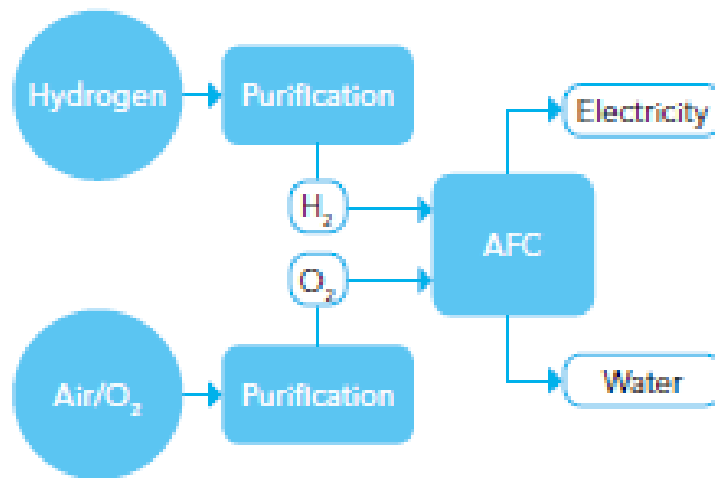
Reaksi pada katoda:



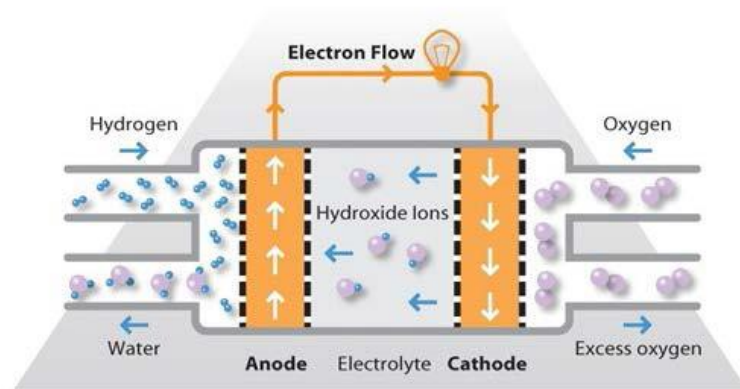
Reaksi total:



Proses reaksi kimia pada AFC untuk menghasilkan listrik akan ditunjukkan pada Gambar II. 34 dan Gambar II. 35 berikut ini:



Gambar II. 34 *Flow Chart AFC System*
(Sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



Gambar II. 35 Skema Reaksi Kimia AFC
(Sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Seperti pada penjelasan sebelumnya, terlihat pada Gambar II. 34 bahwa gas hidrogen dan oksigen perlu untuk dipurifikasi terlebih dahulu sebelum masuk ke ruang bakar pada AFC yang merupakan salah satu tantangan untuk pengembangan kedepannya dari *Alkaline Fuel Cell*.

B. Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)

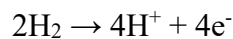
PEMFC telah digunakan secara luas dalam banyak aplikasi, digunakan dalam beberapa mobil dan kapal penumpang Alsterwasser dengan *output* daya 96 kW dan kapal selam kelas 212A milik Jerman dengan masing-masing modul memiliki *output*

daya 30-50 kW. PEMFC juga telah digunakan di kapal lain dengan *output* daya mulai dari 12-60 kW.

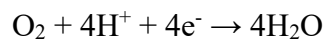
PEMFC menggunakan elektroda berbasis Platinum dan elektrolitnya merupakan membran polimer yang dilembabkan yang merupakan isolator listrik, tetapi dapat menyerap ion hidrogen (H^+). Suhu pengoperasian PEMFC berkisar antara 50-100 ° C, hal ini dikarenakan suhu di atas 100 ° C tidak layak karena membran harus tetap lembab.

PEMFC menggunakan hidrogen dan oksigen, dan menghasilkan air, listrik dan panas. Jika ingin menggunakan sumber bahan bakar selain hidrogen, maka perlu diubah terlebih menjadi hidrogen sebelum injeksi ke PEMFC. Hal ini yang mendasari proses perubahan dari air laut menjadi air tawar lalu diubah menjadi gas hidrogen pada sistem kapal yang akan dirancang di Tugas Akhir ini. (Tomas Tronstad, 2017) Berikut ini reaksi utama pada PEMFC:

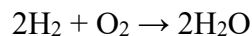
Reaksi pada anoda:



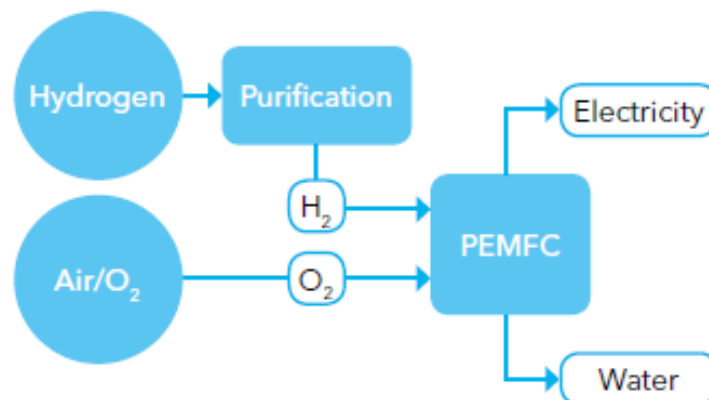
Reaksi pada katoda:



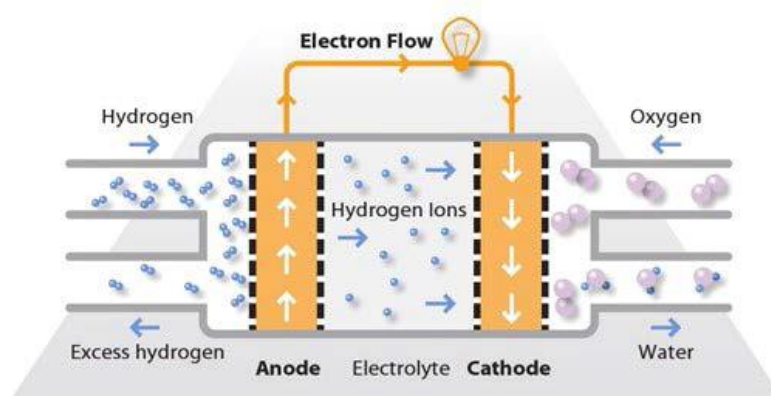
Reaksi total:



Proses reaksi kimia dari PEMFC untuk menghasilkan listrik akan ditunjukkan pada dibawah ini:



Gambar II. 36 *Flow Chart PEMFC System*
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



Gambar II. 37 Skema reaksi Kimia PEMFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

PEMFC memiliki dua jenis berdasarkan suhu operasionalnya, yakni *low temperature* dan *high-temperature*. Perbedaan mendasar pada HT-PEMFC ialah suhu operasional yang mencapai 200°C dan juga penggunaan elektrolit berupa asam mineral yang berbeda dengan PEMFC yang berbasis air/kelembaban. Sedangkan untuk reaksi LT-PEMFC dan HT-PEMFC tidak ada perbedaan.

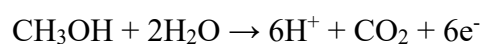
C. Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)

DCFC menggunakan metanol secara langsung tanpa mereformasi menjadi hidrogen. Seperti PEMFC, DMFC juga memiliki membran polimer elektrolit. Elektroda pada DMFC memiliki katalis Platinum-Ruthenium yang dapat secara langsung memanfaatkan hidrogen dalam campuran metanol (CH₃OH) untuk menghasilkan listrik.

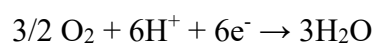
DMFC secara umum baik digunakan untuk menghantarkan listrik dengan jumlah kecil dalam waktu yang lama, dan *output* daya hingga 5 kW. DMFC biasanya beroperasi pada kisaran suhu 50-120 ° C. Suhu dan tekanan yang lebih tinggi dapat meningkatkan efisiensi DMFC, tetapi akan meningkatkan *energy losses* secara keseluruhan pada sistem, dan manfaatnya hilang.

DMFC menggunakan metanol yang lemah dicampur ke dalam larutan air dengan konsentrasi hanya sekitar 3% sebagai bahan bakar. Pada DMFC, penggunaan etanol sebagai bahan bakar, maka oksidasi pada anoda menyebabkan terbentuknya emisi CO₂. (Tomas Tronstad, 2017) Berikut ini reaksi utama dalam DMFC:

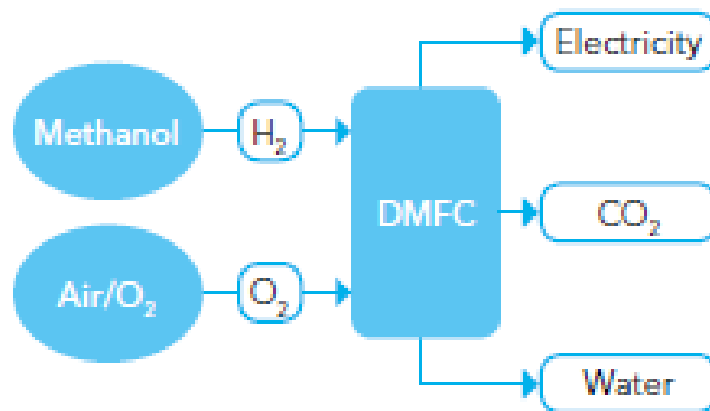
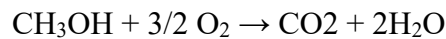
Reaksi pada anoda:



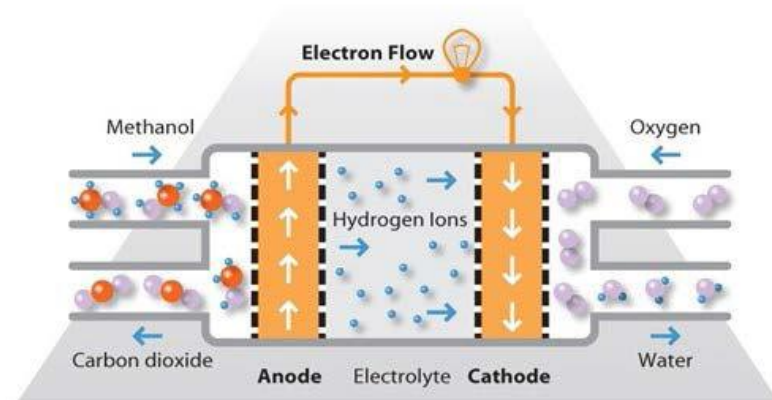
Reaksi pada katoda:



Reaksi total:



Gambar II. 38 *Flow Chart DMFC System*
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



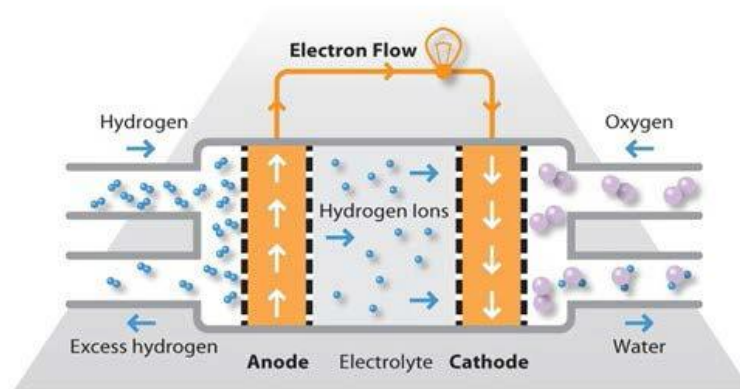
Gambar II. 39 *Skema Reaksi Kimia DMFC*
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Seperti terlihat pada Gambar II. 38 bahwa DMFC memiliki kelemahan yakni hasil reaksi kimia menghasilkan emisi berbahaya berupa CO₂ yang menjadi polusi bagi lingkungan sekitar.

D. Phosphoric Acid Fuel cell (PAFC)

PAFC merupakan *fuel cell* pertama yang dapat beroperasi dengan suhu yang lebih tinggi, hingga 200°C. Peningkatan suhu berarti bahwa panas berlebih dari *fuel cell* dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem sekitar 40% (efisiensi kelistrikan) hingga 80%. PAFC memiliki elektrolit berupa Asam Fosfat di dalam suatu struktur Silikon Karbida dan elektroda yang terbuat dari Platinum tersebar

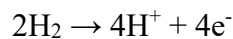
pada Karbon. Presentasi skematik reaksi kimia dalam PAFC ditunjukkan pada Gambar II. 40 dibawah ini:



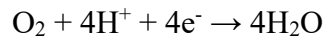
Gambar II. 40 Skema Reaksi Kimia PAFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

PAFC menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar dalam kondisi asam, reaksi utama yang terjadi pada PAFC sama dengan PEMFC, sebagai berikut:

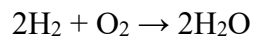
Reaksi pada anoda:



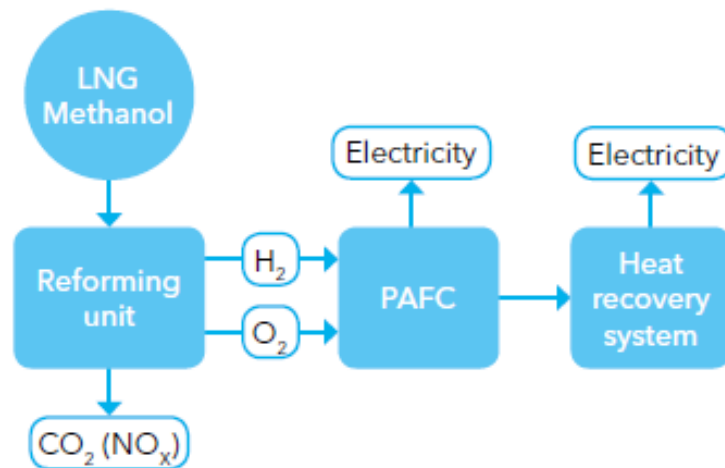
Reaksi pada katoda:



Reaksi total:



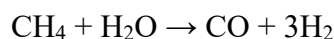
Dikarenakan suhu yang lebih tinggi, sumber bahan bakar selain dari hidrogen murni juga dapat digunakan, seperti LNG dan metanol namun, hidrokarbon perlu direformasi dalam tahap terpisah sebelum diinjeksi ke PAFC. Sistem PAFC yang menggunakan LNG, metanol atau hidrokarbon lain akan mencakup reformer dan sistem pemulihan panas, (Tomas Tronstad, 2017) seperti terlihat pada Gambar II. 41 berikut ini:



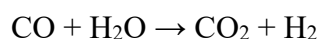
Gambar II. 41 *Flow Chart PAFC System*
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Dalam PAFC sistem pemulihan panas seperti yang terlihat pada Gambar II. 41 biasanya akan menjadi sistem turbin uap. Reformasi uap akan mengonversi LNG (terutama gas Metana/CH₄) menjadi Karbon Monoksida dan Hidrogen. Sebuah sistem pergantian air menjadi gas juga dapat digunakan untuk mengkonversi CO₂ dan lebih banyak Hidrogen. Reformasi uap merupakan sebuah proses yang membutuhkan energi sehingga perlunya daya tambahan untuk sistem ini, adapun reaksi pada reformasi uap dan pergantian air menjadi gas adalah sebagai berikut:

Reformasi uap:



Reaksi pergantian air menjadi gas:



E. Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)

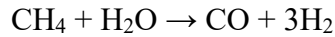
MCFC merupakan *fuel cell* bersuhu tinggi yang beroperasi pada suhu antara 600-700°C. Elektrolit pada MCFC adalah Garam Karbonat cair, dan tidak memerlukan katalis berupa logam mulia. Anoda pada MCFC biasanya merupakan paduan Nikel dan katodanya berupa Oksida Nikel dengan Lithium yang dipadukan ke dalam strukturnya.

MCFC telah digunakan dalam proyek FellowSHIP dengan daya 320 kW menggunakan LNG pada kapal Viking Lady, sedangkan di SSFC milik Amerika memiliki daya 625 kW (pengembangan konsep) dan dalam proyek MC-WAP memiliki daya 150 kW menggunakan diesel.

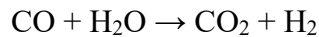
Suhu tinggi membuat MCFC fleksibel terhadap pilihan bahan bakar, dapat menggunakan LNG, gas buang dari pembakaran Batu Bara dan juga Hidrogen. Pada

MCFC tambahan peralatan untuk mereformasi tidak diperlukan, karena reformasi terjadi didalam MCFC itu sendiri. Penggunaan bahan bakar berupa hidrokarbon pada MCFC dapat menyebabkan emisi CO₂. Reaksi pada reformasi internal LNG adalah sebagai berikut ini:

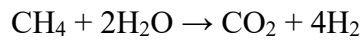
Reformasi uap:



Reaksi pergantian air menjadi gas:

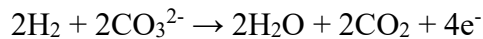


Reaksi total:

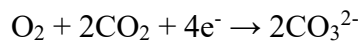


Sementara itu reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda MCFC adalah:

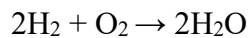
Reaksi pada anoda:



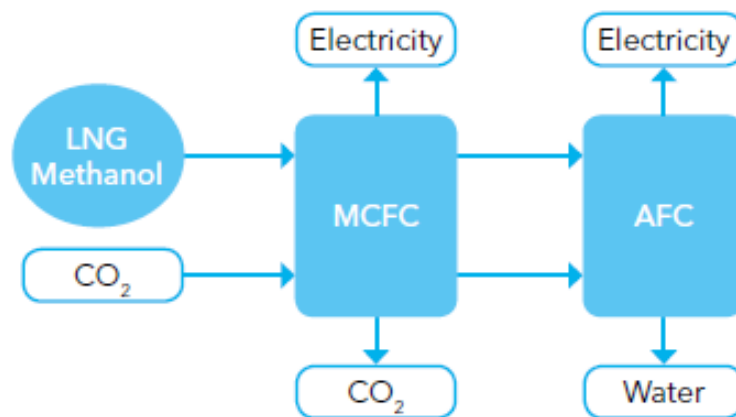
Reaksi pada katoda:



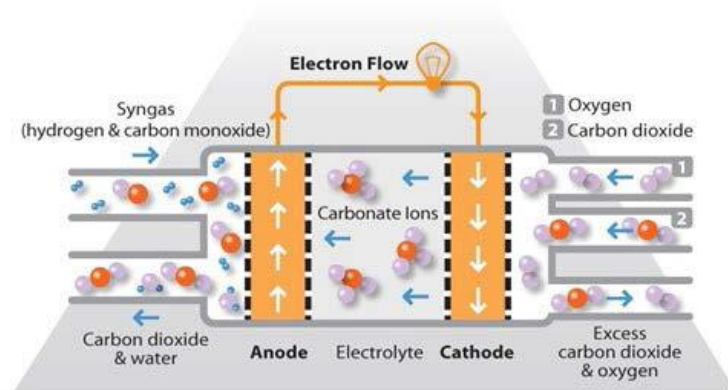
Reaksi total:



Seperti PAFC, MCFC cocok digunakan untuk sistem pemulihan panas dikarenakan gas buang dapat digunakan untuk *burner* atau turbin gas, dan lebih banyak energi bisa diekstrak dalam turbin uap. Efisiensi listrik pada MCFC sekitar 50%, tetapi efisiensi total untuk sistem MCFC bisa mencapai 85%. Alur untuk proses yang terjadi pada sistem MCFC dapat lebih jelas diamati pada Gambar II. 42 dibawah ini:



Gambar II. 42 *Flow Chart MCFC System*
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



Gambar II. 43 Skema Reaksi Kimia MCFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

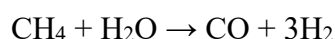
F. Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

SOFC merupakan salah satu jenis *fuel cell* yang dapat beroperasi pada suhu paling tinggi, yakni pada suhu antara 500-1000°C. Pada SOFC elektrolitnya berbahan keramik yang memiliki pori-pori. Seperti MCFC, SOFC menggunakan paduan Nikel sebagai anoda, tetapi katoda biasanya dibuat dari Lanthanum Strontium Manganite, dikarenakan bahan itu memiliki pori-pori yang dibutuhkan dan kompatibel dengan elektrolit keramik.

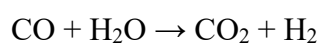
SOFC umumnya digunakan dalam produksi listrik di darat skala besar, dengan kapasitas maksimal hingga 10 MW. Beberapa proyek telah mencoba mengembangkan SOFC untuk penggunaan maritim, termasuk Methapu, Felicitas dan juga proyek Schibz. SOFC juga memiliki fleksibilitas yang sama terhadap bahan bakar seperti MCFC, dapat menggunakan Hidrogen, LNG, Metanol dan juga Hidrokarbon pada mesin diesel.

Reformasi hingga menjadi syngas (hidrogen dan karbon monoksida) terjadi dalam SOFC. Berbeda dengan MCFC, pada SOFC tidak dibutuhkan penambahan CO₂ pada katoda. Emisi dari SOFC adalah CO₂, tetapi dapat dihilangkan jika hidrogen digunakan sebagai bahan bakar utama. Berikut ini adalah reaksinya yang terjadi pada reformasi internal LNG:

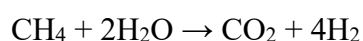
Reformasi uap:



Reaksi pergantian air menjadi gas:

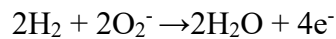


Reaksi total dari reformasi:

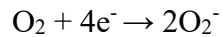


Sementara itu reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda SOFC adalah:

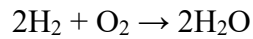
Reaksi pada anoda:



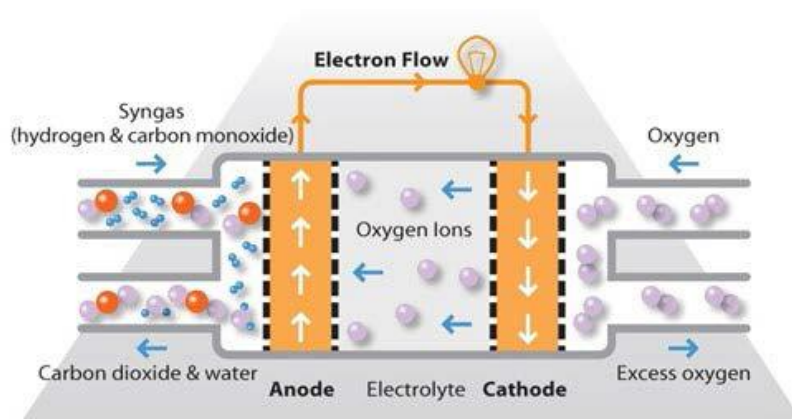
Reaksi pada katoda:



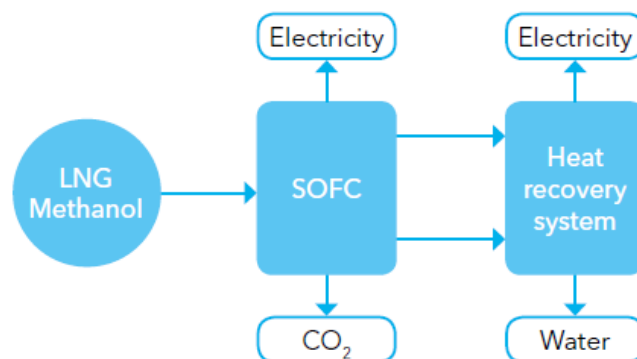
Reaksi total:



Penjelasan mengenai reaksi kimia pada SOFC dan juga alur dari mulai bahan bakar LNG, Metanol dan lainnya akan dijelaskan pada Gambar II. 44 dan Gambar II. 45 dibawah ini:



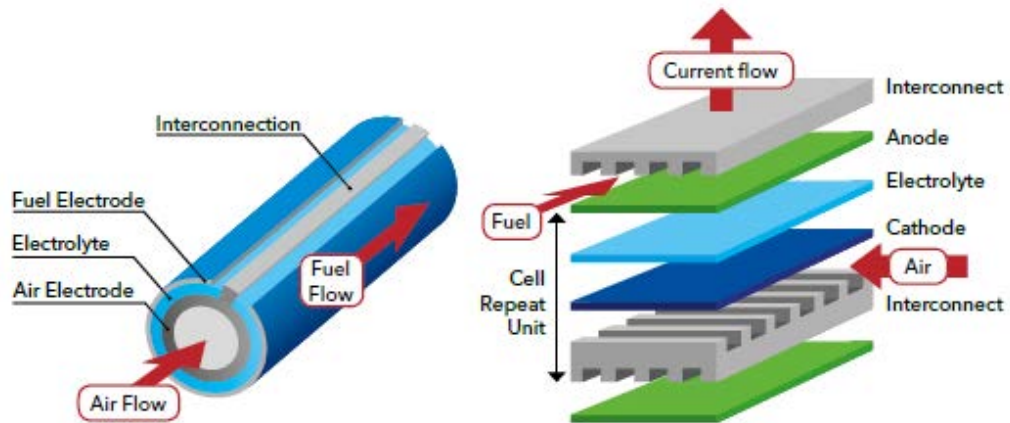
Gambar II. 44 Skema Reaksi Kimia SOFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



Gambar II. 45 Flow Chart SOFC System
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Efisiensi listrik yang dihasilkan oleh SOFC cukup tinggi, sekitar 60%, dan bisa meningkat hingga 85% atau lebih tinggi jika sistem pemulihan panas diterapkan. Terdapat dua bentuk geometri untuk SOFC yaitu planar dan tubular. Masing-masing bentuk SOFC memiliki keuntungan yakni SOFC berbentuk tubular/tabung lebih stabil dan tahan terhadap siklus termal sedangkan SOFC berbentuk planar juga dianggap

menguntungkan secara desain karena memiliki kepadatan energi yang lebih tinggi dan mudah untuk diproduksi. Adapun bentuk dari SOFC tubular dan planar adalah seperti Gambar II. 46 dibawah ini:



Gambar II. 46 SOFC Tabular (Kiri) dan Planar (Kanan)
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Dari semua jenis *fuel cell* yang sudah dikembangkan, maka dilakukan penelitian lebih lanjut oleh DNV-GL dalam menentukan jenis *fuel cell* mana yang tepat digunakan dalam pengaplikasian di bidang maritim dengan pertimbangan dari beberapa aspek yaitu:

1. Biaya total yang dibutuhkan,
2. Daya yang dihasilkan dari tiap modulnya,
3. Umur pakai,
4. Bahan bakar yang digunakan,
5. Ukuran,
6. Sensitivitas terhadap kemurnian bahan bakar,
7. Emisi yang dihasilkan,
8. Aspek keamanan,
9. Efisiensi listrik yang dihasilkan.

Perbandingan spesifikasi dapat dilihat pada Gambar II. 47 serta untuk pembobotan/skor dari masing-masing jenis *fuel cell* dapat dilihat pada dan Gambar II. 48 berikut ini:

Technology	Relative cost	Module Power levels (kW)	Lifetime	Tolerance for cycling	Fuel	Maturity	Size	Sensitivity to fuel impurities	Emissions	Safety Aspects	Efficiency
Alkaline fuel cell (AFC)	Low	Up to 500 kW	Moderate	Good	High purity hydrogen	High, experience from several applications including one ship	Small	High	No	Hydrogen	50-60 % (electrical)
Phosphoric acid fuel cell (PAFC)	Moderate	100-400 kW	Excellent	Moderate	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	High, extensive experience from several applications	Large	Medium	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (up to 200 C), Hydrogen and CO in reforming unit	40 % (electrical) 80 % (with heat recovery)
Molten carbonate fuel cell (MCFC)	High	Up to 500 kW	Good	Low	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	High, extensive experience from several applications including ships	Large	Low	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (600-700 C), Hydrogen and CO in cell from internal reforming	50 % (electrical) 85 % (with heat recovery)
Solid oxide fuel cell (SOFC)	High	20-60 kW	Moderate	Low	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	Moderate, experience from several applications including ships	Medium	Low	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (600-700 C), Hydrogen and CO in cell from internal reforming	60 % (electrical) 85 % (with heat recovery)
Proton Exchange Membrane fuel cell (PEMFC)	Low	Up to 120 kW	Moderate	Good	Hydrogen	High, extensive experience from several applications including ships	Small	Medium	No	Hydrogen	50-60 % (electrical)
High Temperature PEM fuel cell (HT-PEMFC)	Moderate	Up to 30 kW	Unknown	Good	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	Low, experience some applications including ships	Small	Low	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (up to 200 C), Hydrogen and CO in reforming unit	50-60 % (electrical)
Direct methanol fuel cell (DMFC)	Moderate	Up to 5 kW	Moderate	Good	Methanol	Under development	Small	Low	CO ₂	Methanol	20 % (electrical)

Gambar II. 47 Perbandingan Spesifikasi antar Jenis *Fuel Cell*
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Technology / Attributes	Relative cost	Module kW/levels	Lifetime	Tolerance for cycling	Fuel	Maturity	Size	Sensitivity fuel im-purities	Emissions	Safety Aspects	Efficiency	Total
Weighting	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	
Alkaline fuel cell	3	3	2	3	1	2	2	1	3	3	2	
	9	6	6	6	3	6	6	3	6	9	6	66
Phosphoric acid fuel cell	2	3	3	2	2	2	1	2	3	2	2	
	6	6	9	4	6	6	3	6	6	6	6	64
Molten carbonate fuel cell	1	3	3	1	3	3	1	3	1	2	3	
	3	6	9	2	9	9	3	9	2	6	9	67
Solid oxide fuel cell	1	3	2	1	3	3	2	3	2	2	3	
	3	6	6	2	9	9	6	9	4	6	9	69
Proton Exchange Mem-brane	3	3	2	3	1	3	3	2	3	3	2	
	9	6	6	6	3	9	9	6	6	9	6	75
High Temperature PEM	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	
	6	4	6	6	6	6	9	9	6	6	9	73
Direct methanol fuel cell	2	1	2	3	3	1	2	3	1	3	1	
	6	2	6	6	9	3	6	9	2	9	3	61

Gambar II. 48 Skor dari Semua Jenis *Fuel Cell*
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

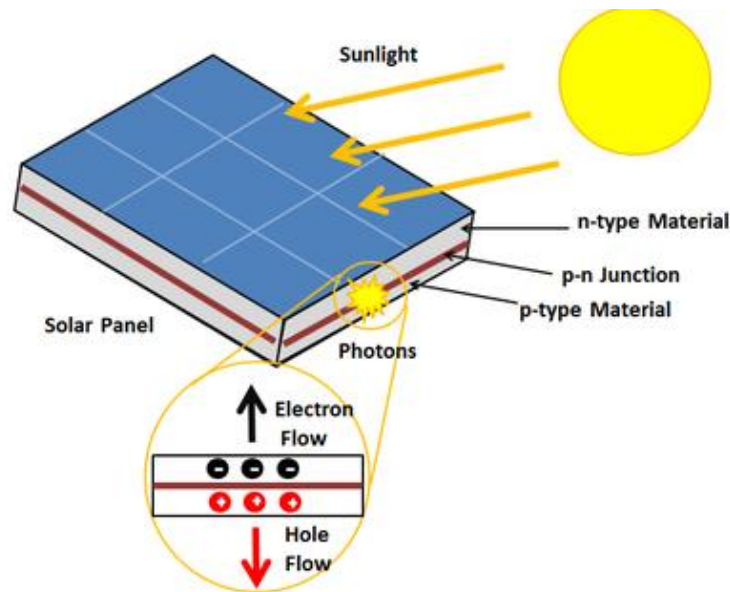
Berdasarkan kajian lebih lanjut dari DNV-GL mengenai penggunaan *fuel cell* pada bidang maritim, maka jenis *fuel cell* yang dipilih ialah PEM-FC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) sebagaimana terlihat penilaian pada Gambar II. 48.

II.3.8. Photovoltaic Panel

Photovoltaic (PV) *panel* merupakan sebuah teknologi yang dapat mengumpulkan energi, dengan cara mengubah energi matahari menjadi energi listrik dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari dengan melalui proses yang disebut *photovoltaic effect*. (al., 2018) Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan

listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem *solar thermal*.

Photovoltaic effect merupakan sebuah proses yang dapat menghasilkan voltase atau arus listrik pada sebuah PV *cell* tepat ketika terpapar sinar matahari. Solar sel pada umumnya terdiri dari dua jenis bahan semi-konduktor yakni konduktor tipe P dan konduktor tipe N yang digabungkan sehingga membentuk medan listrik pada perbatasan/persimpangan antar konduktor dan elektron juga berpindah dari konduktor positif ke konduktor negatif yang menghasilkan arus listrik seperti terlihat pada Gambar II. 49 dibawah ini:



Gambar II. 49 Photovoltaic Effect Diagram
(sumber : (al., 2018))

Secara teori, sel surya dapat mengkonversi sekitar 30% dari energi radiasi matahari menjadi listrik. Terdapat dua cara untuk memanfaatkan energi surya, yaitu:

1. Energi dari cahaya matahari.

Metode tersebut didasarkan pada fenomena efek fotolistrik dan menggunakan sel fotovoltik. Ketika cahaya matahari memantul pada permukaan panel surya, proses *photoemission* terjadi di dalam sel fotovaltaik dan energi surya secara langsung dikonversi menjadi energi listrik.

2. Energi dikembangkan dari panas matahari.

Metode lain untuk meghasilkan energi surya dengan menangkap panas. Dalam metode ini sejumlah besar cermin cekung yang digunakan untuk mengintensifkan panas yang dihasilkan oleh matahari. Panas ini digunakan untuk mengubah air menjadi uap.

Metode ini menjadikan tekanan uap bergerak ke turbin untuk menghasilkan energi listrik.

Menurut fungsi dan bahan yang digunakan dalam pembuatan *solar cell*, terdapat beberapa macam *solar cell* yang terdapat di pasaran. antara lain:

1. *Monocrystalline*

Merupakan jenis solar cell yang terbuat dari batangan kristal silikon tipis. Teknologi ini dapat menghasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan memiliki kinerja tinggi. Sehingga sel surya monocrystalline memiliki efisiensi paling tinggi dibandingkan jenis sel surya lainnya, yaitu sekitar 15% - 20%.

2. *Polycrystalline*

Jenis sel surya ini terbuat dari batang kristal silikon yang dilebur dengan bentuk akhir berupa persegi. Kemurnian kristal silikon lebih rendah dibanding monocrystalline sehingga memiliki efisiensi lebih rendah yaitu sekitar 13% - 16%.

3. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

TFSC merupakan produk sel surya yang fleksibel dan sangat ringan karena diproduksi dengan cara menambahkan beberapa material fleksibel. Berdasarkan materialnya, TFSC digolongkan menjadi beberapa jenis, antara lain:

- a. *Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cell*

Sel surya ini menggunakan bahan *Amorphous Silicon* dengan tekstur tipis. Sel surya ini biasanya digunakan untuk perangkat elektronik kecil seperti jam tangan dan kalkulator, dengan efisiensi antara 6% - 8%.

- b. *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cell*

Sel surya ini menggunakan bahan *Cadmium Telluride* dengan efisiensi sekitar 9% - 11%.

- c. *Copper Indium Gallium Selenide (CCIGS) Solar Cell*

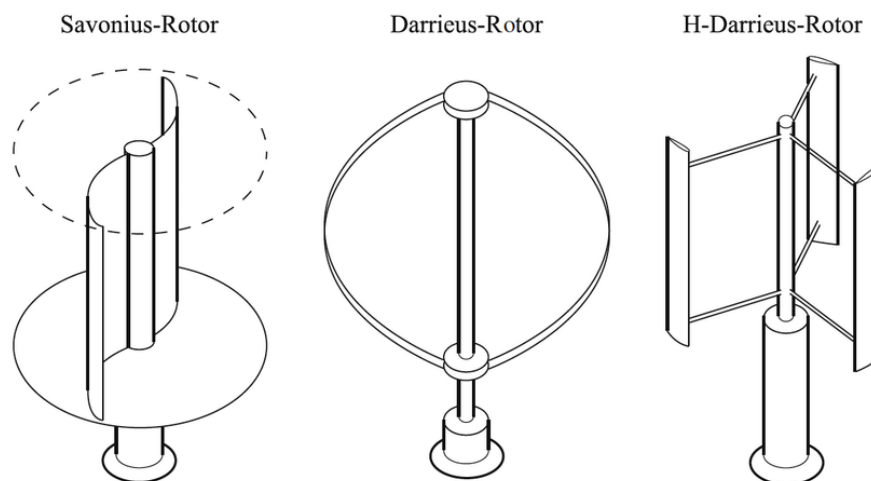
Dibandingkan dua jenis sel surya sebelumnya, CIGS memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis solar cell ini tidak mengandung bahan berbahaya *Cadmium* seperti pada solar cell CdTe. (Hidayat, 2016)

II.3.9. Vertical Axis Wind Turbine

Wind Turbine Generator (WTG) merupakan sebuah alat yang dapat menghasilkan energi kinetik dari angin menggunakan rotor yang terdiri dari dua atau lebih *blade* yang secara mekanis digabungkan ke generator listrik. Produksi tenaga yang dihasilkan turbin angin

bergantung pada interaksi antara rotor/*blade* dengan angin. Jumlah daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan *total swept area* oleh *blade*. Hal ini yang menyebabkan pada HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) ukuran *blade* dibuat sangat panjang/tinggi untuk beberapa pembangkit listrik bertenaga angin hingga mencapai 80 meter (260 kaki) yang tentunya hanya dapat dioperasikan pada lahan yang luas/terbuka dikarenakan membutuhkan ruang yang luas. Namun, berdasarkan pengembangan teknologi diciptakan jenis lain dari turbin angin yakni *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) yang dapat menerima energi angin dari berbagai arah. (Vertical Axis Wind Turbine Design, 2018)

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan jenis dari turbin angin yang memiliki desain rotor/*blade* vertikal atau seperti bentuk sebuah pemecah telur (*egg beater*) dan dalam banyak hal memiliki kesamaan dengan ventilator sentrifugal bertenaga angin yang terlihat pada atap /cerobong asap sebuah pabrik. Pada awal pengembangan VAWT, terdapat dua jenis desain yakni Savonius VAWT dan Darrieus VAWT seperti pada Gambar II. 50 dibawah ini:



Gambar II. 50 Jenis-jenis *Wind Turbines*
(sumber : www.researchgate.net)

Adapun beberapa keunggulan utama VAWT dibandingkan dengan HAWT ialah sebagai berikut: (VAWT and HAWT Compared, 2011)

1. *Non-directional*, dapat menerima tiupan angin dari berbagai arah.
2. *Less turbulence*, dikarenakan area/diameter perputaran *blade* lebih kecil dibandingkan HAWT.
3. *Less Space Needed*, dapat diinstal berdekatan antar turbin angin sumbu vertikal
4. *Lower start-up speed*, tidak membutuhkan tiupan angin yang kencang dikarenakan luasan *blade* yang lebih kecil dibandingkan HAWT.
5. *Less noisy*, dikarenakan turbulensi yang dihasilkan tidak sebesar pada HAWT.

BAB III

TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL

III.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai keadaan daerah operasional kapal. Keadaan daerah operasional kapal yang berada pada Provinsi Kepulauan Riau meliputi keadaan geografis dan juga potensi perikanan WPP-RI 711 (Kepulauan Riau).

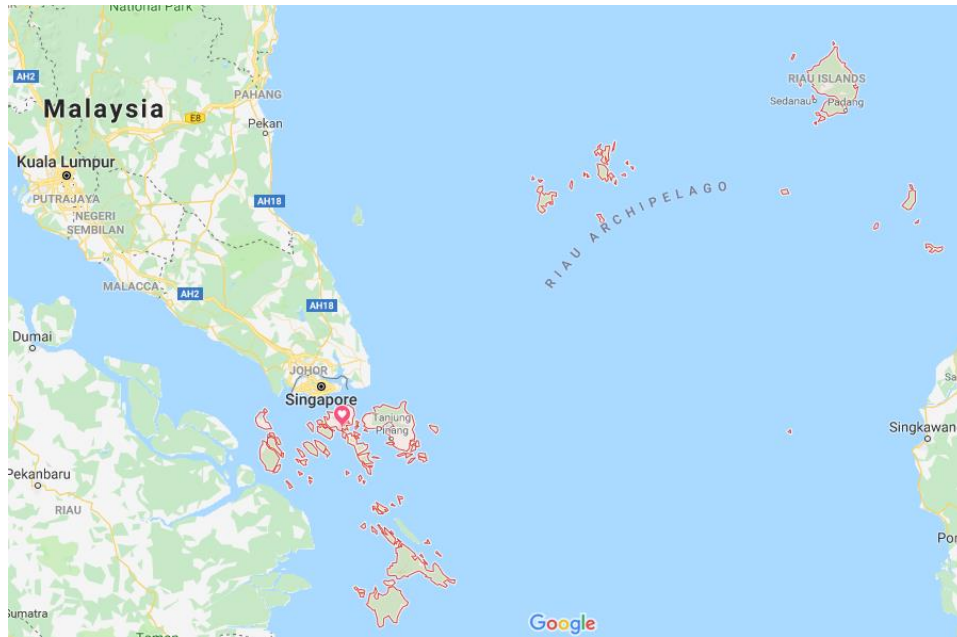
III.2. Kepulauan Riau

Provinsi Kepulauan Riau adalah salah satu Provinsi kepulauan di Indonesia yang terbentuk dari sekitar 2.408 pulau besar dan kecil. Provinsi ini didirikan berdasarkan UU No. 25 tahun 2002 dimana tanggal 24 September 2002 ditetapkan sebagai hari jadi Provinsi Kepulauan Riau. Secara geografis, Provinsi Kepulauan Riau berada di 07°19' – 0°40' Lintang Selatan dan 103°3' – 110°00' Bujur Timur yang merupakan letak strategis karena berada pada pusat jalur perdagangan Selat Malaka. Letak Provinsi Kepulauan Riau secara geografis dapat dilihat pada Gambar III. 1 Provinsi Kepulauan Riau secara administratif memiliki 5 Kabupaten dan 2 Kota seperti terlihat pada Tabel III. 1 berikut:

Tabel III. 1 Daftar Kabupaten dan Kota Provinsi Kepulauan Riau
(sumber : kemendagri.go.id)

No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Luas Wilayah
1	Kabupaten Bintan	Bandar Seri Bentan	1.318,21 km ²
2	Kabupaten Karimun	Tanjung Balai Karimun	912,75 km ²
3	Kabupaten Kepulauan Anambas	Tarempa	590,14 km ²
4	Kabupaten Lingga	Daik	2.266,77 km ²
5	Kabupaten Natuna	Ranai	2.009,04 km ²
6	Kota Batam	Batam	960,25 km ²
7	Kota Tanjung Pinang	Tanjung Pinang	144,56 km ²

Provinsi Kepulauan Riau memiliki motto “Berpancang Amanah, Bersauh Marwah”, serta bertekad untuk membangun daerahnya menjadi salah satu pusat pertumbuhan perekonomian nasional dengan tetap mempertahankan nilai-nilai Budaya Melayu yang didukung oleh masyarakat yang sejahtera, cerdas, dan berakhlak mulia. (Kepri, 2018)



Gambar III. 1 Peta Provinsi Kepulauan Riau
(sumber : google maps)

III.3. Potensi Perikanan Kepulauan Riau

Provinsi Kepulauan Riau termasuk di dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia 711 (WPP-RI 711) dengan luas wilayah 251,810.71 km², terdiri dari lautan 241.2153 km² (96%) dan daratan 10.595,41 km²(4%), dan panjang garis pantai 2367.6 km. Dengan kondisi demikian, Provinsi Kepulauan Riau tentunya menyimpan potensi kelautan dan perikanan yang sangat besar, terutama potensi marikultur dan pariwisata bahari.

Secara garis besar, jenis sumber daya ikan yang terdapat di perairan laut Kepulauan Riau adalah kelompok sumber daya ikan pelagis (tongkol, tenggiri, kembung, layang, teri dan sebagainya), kelompok sumber daya ikan demersal (kakap merah, kurisi, beloso, bawal, dsb), kelompok sumber daya ikan karang (kerapu, baronang, napoleon, dsb), kelompok sumber daya moluska (cumi-cumi, sotong, dsb), dan kelompok sumber daya krustase (kepiting, rajungan), dan kelompok sumber daya udang.

Potensi sumber daya ikan laut di Laut Cina Selatan (WPP 711) diperkirakan sebesar 1.057.050 ton/tahun dan diperkirakan wilayah perairan laut Kepulauan Riau memiliki potensi sumber daya ikan sebesar 860.650,11 ton/tahun meliputi ikan pelagis besar sejumlah 53.802,34 ton/tahun, ikan pelagis kecil sejumlah 506.025,30 ton/tahun, ikan demersal sejumlah 272.594,16 ton/tahun, ikan karang sejumlah 17.562,29 ton/tahun, lainnya (cumi, udang, lobster) sejumlah 10.666,02 ton/tahun. Sementara, berdasarkan hasil survei kapal riset MV. SEAFDEC tahun 2006 diperkirakan total potensi sumber daya ikan di perairan laut Kepulauan Riau sebesar

689.345,17 ton/tahun terdiri dari ikan pelagis besar sejumlah 16.483,29 ton/tahun, ikan pelagis kecil sejumlah 146.309,34 ton/tahun, ikan demersal sejumlah 491.653,06 ton/tahun, Krustase (Udang, Kepiting, Rajungan, Lobster, Mantis) sejumlah 4.402,70 ton/tahun, Moluska (Cumi, Sotong, Gurita) sejumlah 30.496,77 ton/tahun. Potensi perikanan tangkap di Provinsi Kepulauan Riau terbesar berada di perairan Natuna dengan tingkat pemanfaatan baru mencapai 4-6% dari total potensi Kabupaten Natuna sebesar 504.212,85 ton/tahun (58,59% dari total potensi Provinsi Kepulauan Riau) , diikuti Kabupaten Bintan, Kabupaten Kepulauan Anambas, dan Kabupaten Lingga. (KEPRI, 2016)

Berdasarkan data tersebut maka sasaran jenis ikan yang akan menjadi tangkapan utama ialah jenis ikan pelagis yang berada pada bagian permukaan air laut serta jenis alat penangkap ikan yang digunakan juga disesuaikan yakni jaring insang/*gillnet* yang merupakan alat penangkapan ikan statis dan tidak membutuhkan daya pada proses pengoperasiannya.

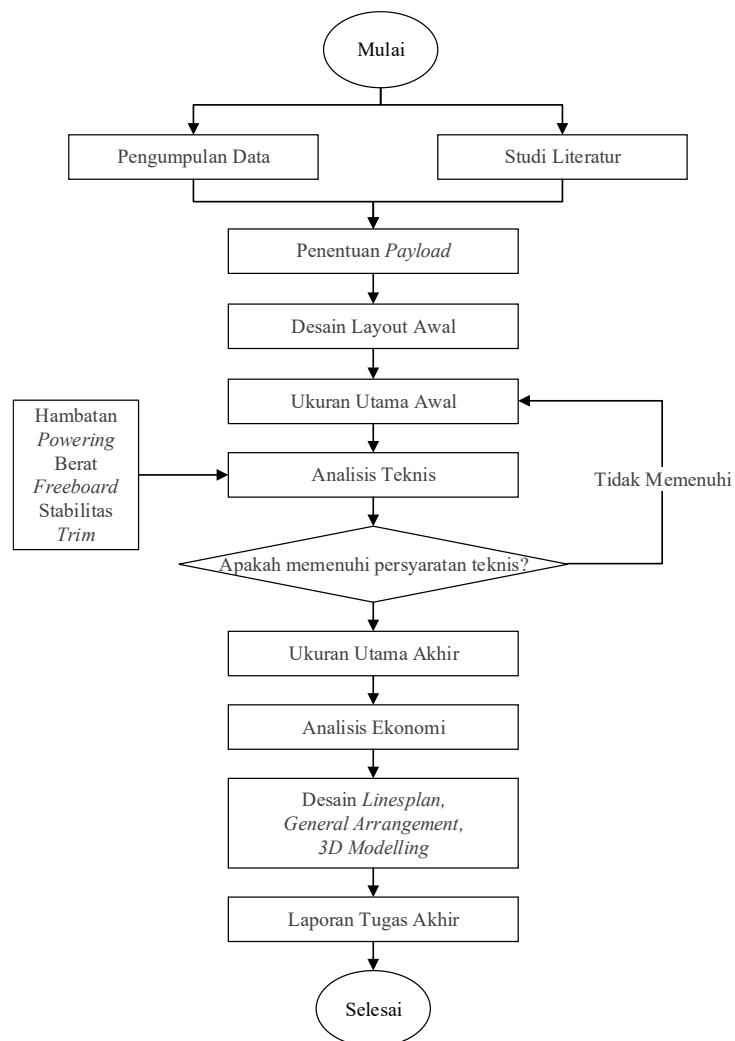
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV METODOLOGI

IV.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi pengerjaan Tugas Akhir yang digambarkan dalam bagan alir. Pengerjaan Tugas Akhir diawali dengan studi literatur dan juga pengumpulan data lalu menentukan *payload*, membuat *layout* awal dan mendapatkan ukuran utama awal kemudian melakukan perhitungan teknis, perhitungan ekonomis dan membuat desain berupa gambar *lines plan*, *general arrangement*, dan 3D model dan berakhir pada pembuatan laporan.

IV.2. Bagan Alir Penelitian



Gambar IV. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

IV.3. Proses Pengerjaan

Proses pengerjaan Tugas Akhir ini dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur hingga pembuatan laporan yang akan dijelaskan pada beberapa sub-bab berikut ini.

IV.3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan acuan dalam menentukan ukuran utama kapal, khususnya untuk jumlah *payload* ikan pada ruang muat kapal yang akan didesain. Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini diperoleh langsung dari Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Riau dengan melakukan wawancara. Data yang diperoleh antara lain berupa produksi perikanan tangkap tahun 2017, jumlah armada kapal ikan tahun 2017 untuk masing-masing Kabupaten dan Kota di Provinsi Kepulauan Riau dan juga gambar *General Arrangement* dari salah satu kapal yang pernah dibangun oleh DKP Kepulauan Riau.

IV.3.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi berupa dasar teori dan tinjauan pustaka terkait dengan sistem, peralatan dan komponen-komponen yang akan diterapkan pada kapal yang akan didesain.

IV.3.3. Penentuan *Payload*

Penentuan *payload* untuk kapal yang akan didesain dibedakan menjadi dua bagian yakni *payload* ruang muat (ikan) dan juga *payload* kamar mesin (mesin, sistem dan komponen-komponen hibrida). *Payload* untuk ruang muat didapatkan dari data yang telah diperoleh dari DKP Kepulauan Riau sedangkan untuk *payload* kamar mesin didapatkan dengan mencari katalog dari komponen-komponen yang akan digunakan pada sistem hibrida kapal ikan HDPE.

IV.3.4. Desain Layout Awal

Pembuatan desain *layout* awal kapal dilakukan berdasarkan analisis penentuan *payload* untuk ruang muat dan kamar mesin yang sudah dilakukan sebelumnya. Setelah didapatkan ukuran utama dari desain *layout* kapal yang dibuat dilakukan pengecekan *ratio* antar ukuran utama awal seperti L/B, B/T, dan juga *ratio* lainnya.

IV.3.5. Perhitungan Teknis dan Ekonomis

Setelah ukuran utama awal memenuhi *range ratio*, selanjutnya dilakukan analisis teknis kapal yang meliputi perhitungan koefisien bentuk badan kapal, hambatan dan *powering*, berat

kapal dan komponennya, *freeboard*, *trim* dan stabilitas. Setelah perhitungan teknis selesai, maka dilakukan pengecekan persyaratan teknis berdasarkan peraturan dan regulasi yang berlaku seperti pengecekan stabilitas berdasarkan kriteria IMO, pengecekan *margin* antara *displacement* dan berat kapal serta pengecekan lainnya, apabila memenuhi maka dilanjutkan dengan melakukan analisis ekonomis terhadap desain kapal meliputi biaya pembangunan, biaya operasional serta perhitungan *Break-even Point*.

IV.3.6. Pembuatan Desain Model

Pada tahapan ini akan dilakukan pembuatan gambar rencana garis, rencana umum dan juga permodelan 3D dari kapal yang sudah memenuhi persyaratan teknis dan regulasi yang berlaku.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

ANALISIS TEKNIS

V.1. Umum

Berdasarkan bagan alir pada bab sebelumnya, maka pada bab ini akan dibahas secara detail mengenai proses pengerjaan Tugas Akhir. Analisis teknis pada bab ini meliputi penentuan *payload* dan rute pelayaran kapal, desain *layout* awal dan pengecekan *ratio* ukuran utama, perhitungan teknis kapal yang terdiri dari perhitungan koefisien, hambatan dan propulsi kapal, desain dan perhitungan sistem hibrida, perhitungan berat dan titik berat, pengecekan berat kapal dan *displacement*, pengecekan volume ruang muat, perhitungan *freeboard*, perhitungan stabilitas dan *trim* kapal.

Hasil dari analisis teknis pada bab ini akan menjadi acuan untuk bab-bab berikutnya, yakni analisis teknis dan desain kapal yang meliputi pembuatan *lines plan*, *general arrangement*, dan 3D *modelling*.

V.2. Penentuan *Payload* dan Rute Pelayaran

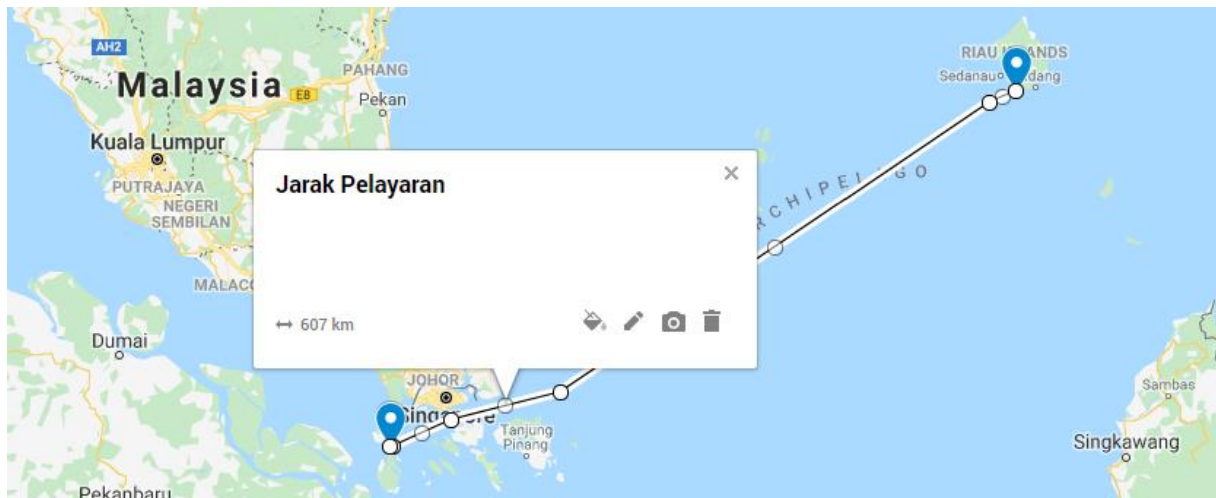
Setelah melakukan pengumpulan data dan studi literatur, maka langkah selanjutnya dalam mendesain kapal ikan hibrida berbahan HDPE ialah menentukan *payload*. Pada kapal yang akan didesain, untuk memperoleh ukuran utama awal kapal maka *payload* terbagi menjadi dua yakni *fishing hold*/ruang muat ikan dan juga *engine room* yang berisi komponen-komponen dari sistem hibrida kapal.

Penentuan jumlah ikan yang akan diangkut oleh kapal berdasarkan jumlah produksi perikanan tangkap Provinsi Kepulauan Riau terbaru yakni pada tahun 2017 (tahun 2018 masih dalam rekapitulasi) dibagi dengan jumlah armada kapal ikan yang ada di Kepulauan Riau (ukuran > 30 GT) dikarenakan kapal yang akan didesain diperkirakan akan berada pada *range* ukuran 30 GT.

Tabel V. 1 Produksi Perikanan dan Jumlah Armada Kapal Ikan Provinsi Kep. Riau
(sumber : DKP Kepulauan Riau)

No	Kabupaten	Volume Produksi (Ton)	PTM	MT	KM				
					1-5 GT	5-10 GT	10-20 GT	20-30GT	>30 GT
1	NATUNA	86141.74	1138	159	2484	395	25	9	8
2	BATAM	34010	1734	4717	1926	97	24	26	59
3	KARIMUN	60115.85	1283	2747	2138	97	6	197	126
4	TANJUNGPINANG	1898.5	629	20	20	20	6	19	9
5	BINTAN	53338.45	948	194	1592	415	133	188	-
6	LINGGA	33785	3118	347	4453	45	11	-	6
7	KEPULAUAN ANAMBAS	29494	1567	435	2458	17	6	-	-
JUMLAH		298783.54	10417	8619	15071	1086	211	439	208

Dari data pada Tabel V. 1, maka penulis memutuskan untuk membuat rute pelayaran dari Karimun (PP. Tanjung Balai Karimun) menuju Natuna (PP. Selat Lampa) yang berjarak kurang lebih 600 km dengan pertimbangan kedua Kabupaten ini merupakan daerah dengan produksi perikanan tangkap terbesar yang menjadi sebuah potensi besar untuk operasi penangkapan ikan. Jarak pada rute pelayaran kapal ikan yang akan didesain dicari dengan bantuan Gmaps (Google *Maps*) seperti terlihat pada berikut ini:



Gambar V. 1 Jarak Pelayaran
(sumber : www.google.com/maps)

Kemudian dapat dilakukan perhitungan *payload fishing hold*/ruang muat kapal ikan sebagai berikut:

$$\text{Payload fishing hold (ton)} = \frac{A}{B \times C} \quad (18)$$

Dimana:

A = Jumlah volume produksi perikanan tangkap tahun 2017 (ton)

B = Jumlah kapal ikan > 30 GT tahun 2017

C = Jumlah trip selama setahun

Untuk dapat menentukan C, maka dibuat formula dengan asumsi sebagai berikut:

$$\text{Jumlah trip selama setahun} = \frac{D}{E} \quad (19)$$

Dimana:

D = Jumlah hari efektif dalam setahun

E = Durasi sekali trip/pelayaran (jarak pelayaran/kecepatan dinas)

Asumsi yang dilakukan yakni terkait penentuan jumlah hari efektif dalam setahun yakni 259 hari dan durasi sekali trip memakan waktu 4 hari, maka didapatkan *payload* sebesar 30.52 ton ikan, dengan *stowage factor* ikan = 0.5 ton/m³ (Afrianta, 2017) maka direncanakan dimensi ruang muat dengan dimensi (L = 5.0 meter, W = 5.5 meter, H = 2.5 meter).

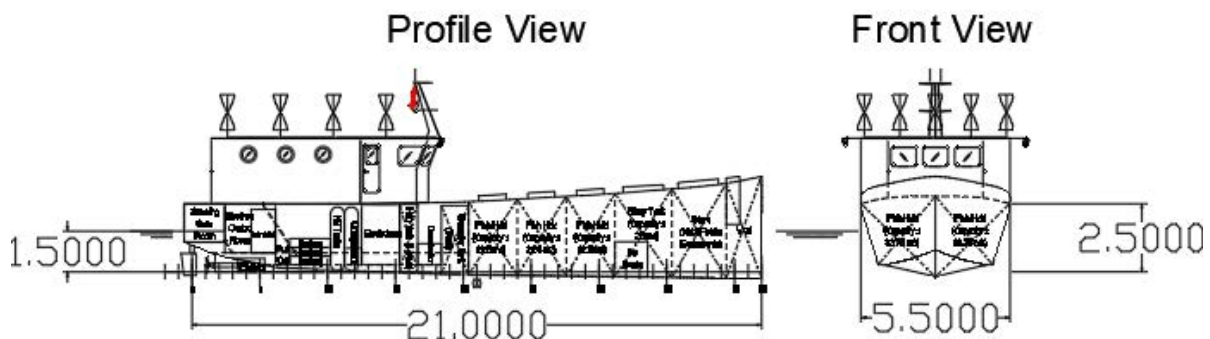
Setelah mengetahui dimensi ruang muat ikan maka untuk dapat membuat *layout* awal diperlukan dimensi dari masing-masing komponen utama sistem hibrida yang terdiri dari:

- Desalinator (L = 1.78 meter, W = 0.88 meter, H = 0.78 meter)
- Elektroliser (L = 3.5 meter, W = 1.4 meter, H = 2.2 meter)
- Kompresor (L = 0.77 meter, W = 0.64 meter, H = 0.61 meter)
- Tabung gas Hidrogen (9 tabung, L = 2.342 meter, Diameter = 0.509 meter)
- Fuel cell* (L = 1.582 meter, W = 1.085 meter, H = 0.692 meter)
- Baterai (9 buah, L = 1.5 meter, W = 0.515 meter, H = 0.32 meter)

Maka diperoleh ukuran total ruang muat yang dibutuhkan dengan dimensi (L = 10.5 meter, W = 5.5 meter, H = 2.5 meter).

V.3. Desain *Layout* Awal dan Pengecekan *Ratio* Ukuran Utama

Setelah mendapat ukuran yang dibutuhkan untuk ruang muat dan juga kamar mesin, maka dilakukan pembuatan *layout* kapal seperti pada Gambar V. 2 dibawah ini:



Gambar V. 2 Desain *Layout* Awal Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE

Data berupa ukuran utama yang didapatkan dari *layout* kapal pada Gambar V. 2 dimasukkan ke dalam Tabel V. 2 berikut:

Tabel V. 2 Ukuran Utama Awal

Ukuran Utama Awal	
Lpp	21 meter
B	5.5 meter
H	2.5 meter
T	1.5 meter
Vs	8 Knot

Setelah diperoleh ukuran utama kapal dari desain *layout* awal, terdapat hal yang perlu dipertimbangkan mengenai penggunaan plastik HDPE sebagai bahan dasar lambung memiliki *limitation* dalam ukuran kapal, yakni panjang kapal maksimal 24 meter seperti yang sudah dijelaskan pada tinjauan pustaka di bab II.3.4 yang mengacu pada perhitungan beban untuk mendapatkan tebal pelat HDPE menurut badan klasifikasi DNV-GL. Sementara itu, dalam hal bentuk kapal tidak terdapat *limitation* dikarenakan metode produksi untuk membentuk lambung menggunakan metode pengelasan lembaran-lembaran pelat HDPE sama seperti pengelasan kapal dengan material baja/aluminium. Dikarenakan ukuran utama kapal, yakni panjang kapal memenuhi *constraint* HDPE berdasarkan DNV-GL (dibawah 24 meter) maka selanjutnya dilakukan pengecekan *ratio* ukuran utama kapal sebagai berikut:

Tabel V. 3 Pengecekan Ukuran Utama

Perbandingan Ukuran Utama		Range	Status
L/B	3.8	$3.5 < L/B < 10$	OK
B/T	3.7	$1.8 < B/T < 5$	OK
L/T	14	$10 < L/T < 30$	OK
L/H	8.4	$8.2 < L/H < 9$	OK

Seperti terlihat pada Tabel V. 3 bahwa perbandingan antar ukuran utama awal kapal sudah memenuhi, maka akan dilanjutkan dengan melakukan perhitungan teknis kapal.

V.4. Perhitungan Teknis Kapal Ikan Hibrida HDPE

Perhitungan teknis kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE meliputi perhitungan yang menyangkut performa dan juga hal-hal teknis yang akan dijelaskan pada beberapa sub-bab berikut.

V.4.1. Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal

Penentuan koefisien bentuk kapal awal didapatkan dari persamaan pendekatan seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II.2.3. untuk menentukan C_b (*Coefficient Block*), lalu setelah didapatkan nilai C_b dilakukan pembuatan model pada aplikasi *maxsurf modeller* dan diperoleh beberapa koefisien bentuk lambung kapal seperti berikut ini:

Tabel V. 4 Rekap Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal

Nama	Nilai	Keterangan
Koefisien Blok (C_b)	0.554	
Koefisien <i>Midship</i> (C_m)	0.792	
Koefisien Prismatic (C_p)	0.772	
Koefisien <i>Waterplan</i> (C_{wp})	0.882	
<i>Longitudinal Center of Buoyancy</i> (LCB)	-0.207	meter dari <i>midship</i>
Volume Lambung Kapal (∇)	95.896	m ³
<i>Displacement</i> (Δ)	98.294	ton

V.4.2. Perhitungan Hambatan dan Propulsi Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop & Mennen dengan menggunakan persamaan (8) pada Bab II.2.4, kemudian dibandingkan dengan menggunakan *maxsurf resistance*. Perhitungan hambatan total adalah sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{Tot} [C_F(1+k) + C_A] + \frac{R_W}{W} W$$

Dengan komponen sebagai berikut:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} = 0.002183$$

$$\rho = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$V^2 = 16.94 \text{ m/s}$$

$$S_{tot} = 125.178 \text{ m}^2$$

$$(1+k) = 1.541$$

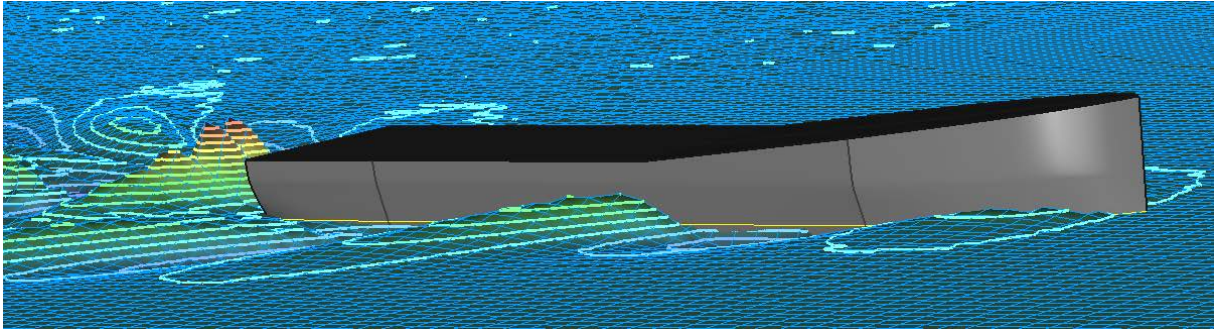
$$C_A = 0.0007$$

$$R_W/W = -0.6176$$

$$W = 707.125 \text{ N}$$

Maka diperoleh hambatan total berdasarkan persamaan diatas yakni (R_T) sebesar 4017.637 N = 4.018 kN. Penulis juga melakukan analisis perhitungan hambatan menggunakan

bantuan aplikasi *maxsurf resistance* dan diperoleh R_T senilai 6.5 kN. Pada Gambar V. 3 berikut ini terlihat bentuk kontur gelombang simulasi kapal melaju dengan kecepatan dinas 8 knot:



Gambar V. 3 Simulasi Hambatan Kapal pada *Software Maxsurf Resistance*

Dikarenakan hambatan total menggunakan *maxsurf resistance* lebih besar maka ditentukan hambatan total kapal sebesar 6.5 kN. Hambatan total kapal yang diperoleh yakni sebesar 6.5 kN berasal dari hambatan akibat air, maka perlu ditambahkan hambatan kapal yang terjadi akibat angin yang berlawanan dengan arah gerak kapal dengan persamaan sebagai berikut:

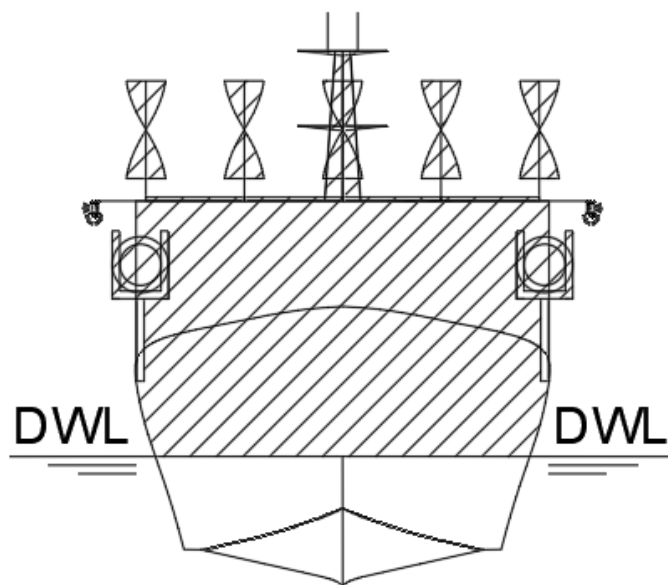
$$R_{AA} = 0.734 V_r^2 A_T$$

Dimana:

V_r = Kecepatan angin ($V_r = V_s$, berdasarkan PNA Vol. II) = 8 knot (4.115 m/s)

A_T = Luas transversal kapal diatas sarat

Nilai A_T didapatkan dengan menghitung luasan transversal kapal yang berada diatas permukaan air/sarat, dapat dilihat pada berikut ini:



Gambar V. 4 Luas Transversal Kapal di Atas Sarat

Dengan menggunakan bantuan *autoCAD*, maka didapatkan nilai A_T sebesar 20.426 m² dan nilai hambatan angin diperoleh sebesar 0.254 kN maka nilai hambatan total kapal oleh air dan juga angin sebesar 6.754 kN.

Setelah didapatkan nilai hambatan total kapal, maka selanjutnya dilakukan perhitungan propulsi/daya mesin yang dibutuhkan, yaitu BHP, ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_h \cdot \eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_s \cdot \eta_b \cdot \eta_t}$$

Dimana:

$$EHP = R_T \cdot V = 27.794 \text{ kN}$$

$$\eta_h = 0.9877$$

$$\eta_o = 0.75$$

$$\eta_r = 0.98 \text{ (single screw, transom aft)}$$

$$\eta_s \cdot \eta_b = 0.98 \text{ (machinery aft)}$$

$$\eta_t = 0.9 \text{ (AC electric motor/DC power generating)}$$

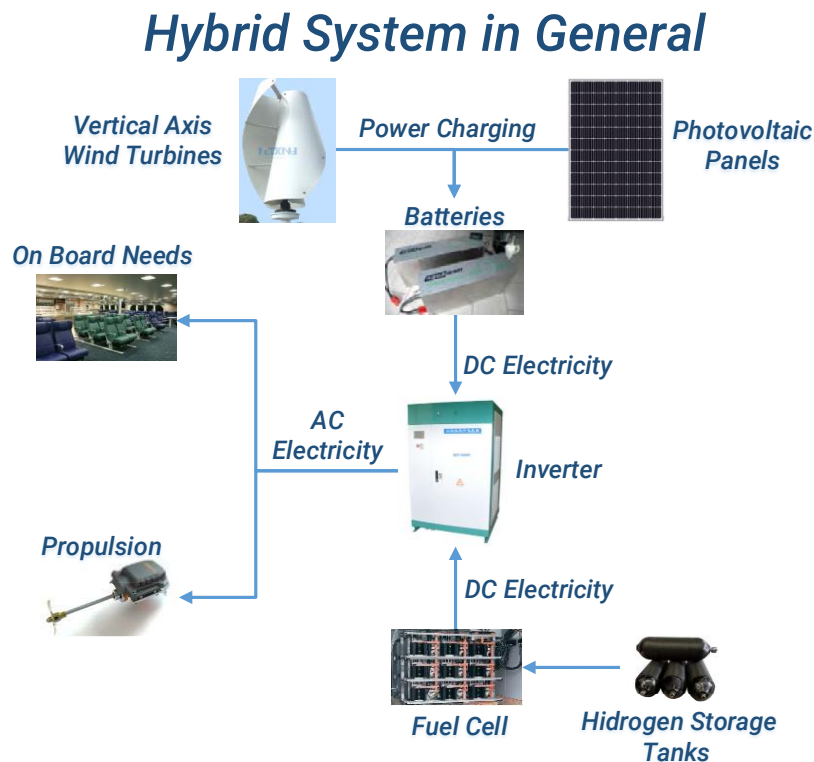
maka diperoleh nilai BHP sebesar 46.510 kW, diberikan koreksi MCR sebesar 15% dari BHP maka daya akhir penggerak kapal menjadi 53.487 kW atau setara dengan 71.727 HP. Berdasarkan perhitungan propulsi yang didapatkan maka dipilih mesin penggerak elektrik (*electric motor*) dengan spesifikasi *power* 80 HP setara dengan 59.656 kW. Pada Gambar V. 5 berikut ini dapat dilihat *electric motor* dari *torqeedo* yang dipilih sebagai penggerak kapal:



Gambar V. 5 *Deep Blue* Torqeedo 80 HP
(sumber : www.torqeedo.com)

V.4.3. Desain Sistem Hibrida

Sistem Hibrida kapal ikan yang akan didesain mengikuti sistem yang sudah diterapkan pada kapal Energy Observer, yakni dengan memanfaatkan tiga energi terbarukan berupa sinar matahari, angin, dan gas hidrogen yang diproduksi langsung diatas kapal dan tidak menghasilkan emisi berbahaya bagi lingkungan. Berikut ini merupakan gambaran secara umum dari sistem hibrida yang didesain:



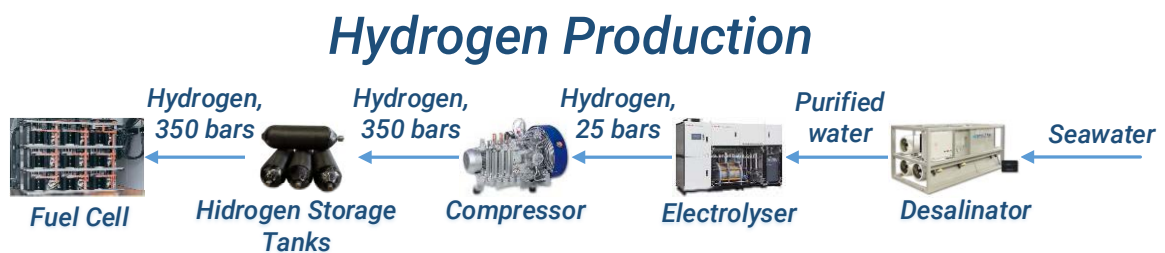
Gambar V. 6 Sistem Hibrida Pada Kapal Ikan Berbahan HDPE

Seperti terlihat pada Gambar V. 6 bahwa energi yang berasal dari angin akan diserap oleh VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) dan energi yang berasal dari sinar matahari akan diserap oleh *Photovoltaic Panel* untuk dikonversi menjadi energi listrik dan disimpan di dalam baterai *lithium*. Penggunaan sistem hibrida dengan mengombinasikan VAWT dan PV *Panel* berguna untuk memaksimalkan penyerapan energi untuk satu hari penuh. Pada pagi hari sampai dengan menjelang sore hari PV *Panel* akan menyerap energi secara maksimal dikarenakan intensitas matahari dalam keadaan besar dan juga pada keadaan cuaca cerah, sedangkan VAWT akan menyerap energi sepanjang hari selama terdapat hembusan angin darat maupun angin laut dan juga pada keadaan cuaca mendung, hujan dan angin kencang.

Energi terbarukan berupa gas hidrogen yang diproduksi langsung di kapal dari hasil pengolahan air laut akan dikonversi menjadi energi listrik melalui reaksi kimia yang terjadi di

dalam *fuel cell*, khususnya jenis PEM-FC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*). Pemanfaatan energi dari gas hidrogen dapat dilakukan sepanjang hari dan intensitas produksi tidak tergantung pada kondisi cuaca, namun untuk memulai proses produksi gas hidrogen dari air laut membutuhkan energi listrik dari baterai yang terlebih dahulu dikonversi melalui *inverter*. Semua peralatan yang terdapat pada kapal menggunakan listrik dengan arus AC (*Alternating Current*) sementara itu energi listrik yang akan dialirkan oleh baterai dan *fuel cell* merupakan listrik DC (*Direct Current*) sehingga perlu untuk dikonversi menggunakan *inverter* untuk memenuhi kebutuhan peralatan listrik pada kapal.

Komponen penghasil listrik di kapal dibagi menjadi dua yakni *fuel cell* dan baterai. Pada pengoperasian *fuel cell* dibutuhkan gas hidrogen sebagai bahan bakar utama yang akan dihasilkan dari air laut melalui beberapa tahapan/proses seperti terlihat pada Gambar V. 7 berikut ini:



Gambar V. 7 Proses Produksi Gas Hidrogen *On-Board*

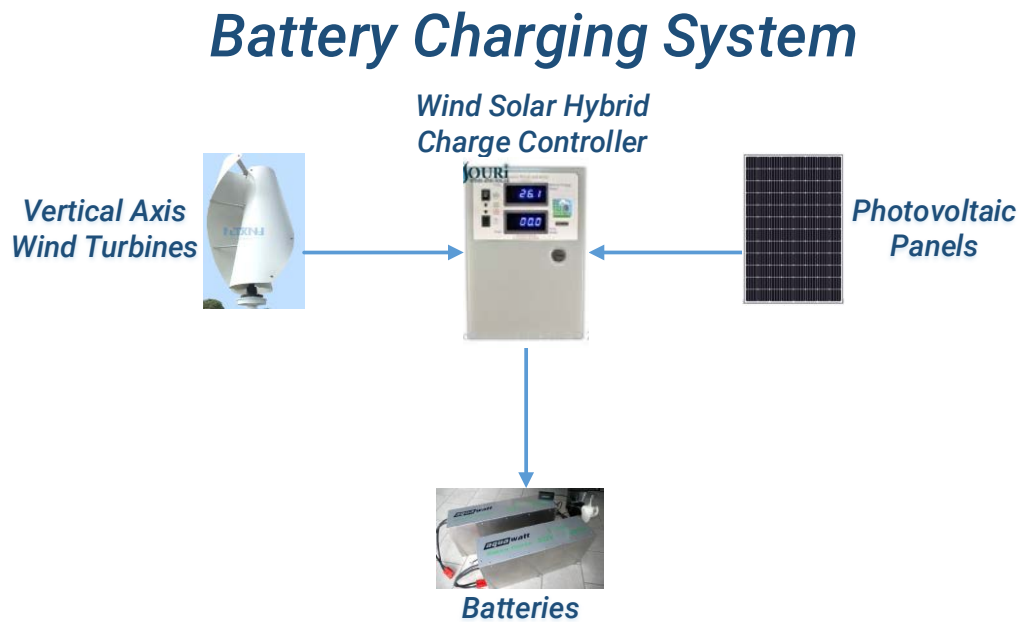
Seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II.3.6, proses produksi gas hidrogen melalui tiga tahapan yakni desalinasi, elektrolisis dan juga kompresi. Proses dimulai dari air laut yang masuk ke tangki *seawater* melalui *seachest* pada kedua sisi kapal dan akan dibiarkan untuk beberapa saat lalu dengan alat *desalinator* akan dihasilkan air murni/purifikasi yang akan dialirkan pada tangki *purified water* untuk kemudian dielektrolisis menggunakan alat *electrolyser* untuk menghasilkan gas hidrogen dengan reaksi $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$. Gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis perlu untuk dikompresi agar dapat disimpan dalam jumlah yang banyak menggunakan ruang/luasan seminimal mungkin, proses kompresi dilakukan hingga gas hidrogen mencapai tekanan 350 bar atau setara dengan 35 MPa. Tangki penyimpanan gas hidrogen dalam tekanan tinggi menggunakan bahan komposit khusus yang dapat bekerja pada tekanan tersebut. Pada umumnya, terdapat tiga cara untuk menyimpan gas hidrogen yakni: (University of Central Florida. The Florida Solar Energy Center (FSEC), 2014)

- Hidrogen dalam bentuk gas terkompresi (tangki bertekanan tinggi 150-350 bar atau lebih),
- Hidrogen dalam bentuk cairan (tangki dengan suhu $\pm -253^\circ\text{C}$ setara dengan 20.15 K),

- Hidrogen dalam bentuk padat (direaksikan dengan logam/senyawa kimia).

Penyimpanan hidrogen dalam bentuk gas yang digunakan pada kapal dikarenakan reaksi pada *fuel cell* membutuhkan hidrogen dalam wujud gas. Setelah hidrogen terkumpul pada tangki-tangki komposit maka gas hidrogen akan dialirkan menuju *fuel cell* sebagai bahan bakar penghasil listrik.

Komponen penghasil listrik lainnya di kapal yakni baterai membutuhkan pengisian secara berkala saat daya yang tersimpan di dalamnya sudah hampir habis. Pada Gambar V. 8 berikut ini dapat dilihat sistem pengisian daya yang terjadi.



Gambar V. 8 Sistem Pengisian Daya Baterai

Seperti terlihat pada Gambar V. 8 bahwa pengisian daya baterai di kapal menggunakan dua sumber utama yakni VAWT dan PV *panel* yang dihubungkan dengan *Hybrid Charge Controller* khusus. Durasi pengisian daya baterai bergantung pada jumlah VAWT dan PV *panel* yang digunakan di kapal, semakin banyak VAWT dan PV *panel* yang digunakan maka akan semakin mempercepat pengisian daya baterai, namun juga akan semakin membutuhkan tempat yang lebih luas. Pada desain sistem hibrida dilakukan perhitungan kebutuhan minimum jumlah VAWT dan PV *panel* yang akan dimaksimalkan dengan batasan luasan *top deck* kapal. Daya yang dihasilkan dari VAWT dan PV *panel* diharuskan mampu mengisi ulang daya baterai dalam waktu kurang dari sehari atau secepatnya dikarenakan pada perhitungan, gas hidrogen yang terdapat di tabung akan habis dalam waktu sehari/24 jam.

V.4.4. Perhitungan Sistem Hibrida

Setelah mendesain sistem hibrida pada kapal, maka dilakukan beberapa perhitungan terkait total kebutuhan listrik, kebutuhan hidrogen, kebutuhan *purified water*, dan juga kebutuhan air laut untuk menghasilkan gas hidrogen.

Penentuan kapasitas listrik *fuel cell* didasarkan pada total kebutuhan peralatan listrik di kapal dengan rincian sebagai berikut:

- a. *Electric Motor*
- b. *On-Board Needs*
- c. *Desalinator*
- d. *Electrolyser*
- e. *Compressor*
- f. *Ice Scaler* (Penghasil es sebagai pendingin ikan agar tetap segar)
- g. *Net Hauler* (penggulung jaring ikan)

Dengan menjumlahkan kebutuhan daya dari masing-masing komponen diatas maka diperoleh total kebutuhan listrik di kapal sebesar 123.58 kW, dan dipilih PEM *fuel cell* dari SIEMENS dengan *output power* sebesar 135 kW. PEM *fuel cell* belum dapat menghasilkan daya apabila gas hidrogen masih dalam tahapan produksi, sehingga dibutuhkan tenaga listrik dari baterai untuk memulai proses produksi gas hidrogen dari air laut. Total daya yang dibutuhkan untuk memproduksi hidrogen terdiri dari *Desalinator*, *Electrolyser* dan *Compressor*.

Adapun perhitungan keseluruhan sistem hibrida sebagai berikut:

- a. Total kebutuhan gas hidrogen untuk *fuel cell* 135 kW = 45.9 kg/hari didapatkan dengan melakukan perbandingan terhadap kapal yang sudah beroperasi menggunakan PEM *fuel cell* (J. Schneider, 2010), lalu diberikan *margin* sebesar 50% maka total kebutuhan gas hidrogen diperoleh sebesar 67.5 kg/hari.
- b. 67.5 kg gas hidrogen akan disimpan didalam tangki komposit khusus yang memiliki tekanan sebesar 350 bar dengan kapasitas gas hidrogen sebesar 8.4 kg/tangki, maka dibutuhkan 9 tangki.
- c. Kompresor yang akan menaikkan tekanan gas hidrogen memiliki kapasitas debit hidrogen sebesar 13 m³/jam dan membutuhkan daya sebesar 5.5 kW, maka kompresor akan dioperasikan selama 2.2 jam, maka diperoleh daya yang dibutuhkan sebesar 11.66 kWh.

- d. Elektroliser yang digunakan membutuhkan daya sebesar 30 kW, dengan kapasitas *output* gas hidrogen sebesar 6 m³/jam. Maka didapatkan durasi pengoperasian elektroliser 4.6 jam untuk dapat menghasilkan hidrogen dengan volume 27.56 m³ yang selanjutnya akan dikompres untuk menaikkan densitasnya pada tekanan 350 bar. Maka daya yang dibutuhkan sebesar 137.81 kWh.
- e. Tanki H₂O yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan minimal mampu menampung sebesar 5 m³ *purified water*.
- f. Desalinator yang digunakan membutuhkan daya sebesar 5 kW serta memiliki kapasitas *output purified water* sebesar 1.575 m³/h, maka untuk pengisian penuh tangki H₂O, desalinator akan dioperasikan selama 2.9 jam dan membutuhkan daya sebesar 14.4 kWh
- g. Tanki *seawater* yang diperlukan berdasarkan perhitungan minimal mampu menampung sebesar 7.5 m³ air laut.

Berdasarkan analisis diatas maka total kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 168.87 kWh. Berdasarkan katalog baterai yang didapatkan, baterai memiliki daya 20 kWh, maka akan digunakan 9 baterai dengan total 180 kWh yang berguna untuk memulai proses produksi gas hidrogen.

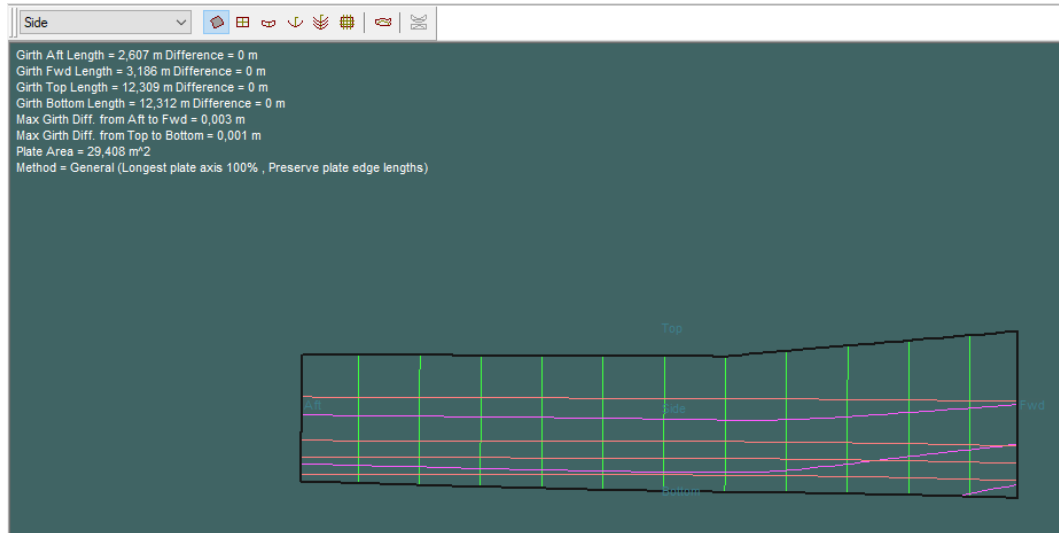
Sistem pengisian daya baterai berasal dari VAWT dan PV *cells*, dimana sebuah VAWT yang digunakan dapat menghasilkan daya sebesar 0.6 kW dan sebuah PV *panel* dapat menghasilkan daya sebesar 0.5 kW. Dengan melakukan perhitunga jumlah minimal dan menyesuaikan luasan atap bangunan atas maka digunakan 20 buah VAWT dan 14 buah panel PV dengan total daya sebesar 19 kW, maka dapat diperoleh durasi pengisian daya baterai selama ± 9.47 jam. (detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran)

V.4.5. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Komponen berat kapal ikan yang akan didesain terdiri dari dua kelompok yakni LWT dan DWT. Komponen LWT terdiri dari berat lambung kapal (pelat, konstruksi dan bangunan atas), berat permesinan (komponen-komponen sistem hibrida) serta berat *equipment & outfitting*. Komponen DWT terdiri dari *payload* (hasil tangkapan ikan), dan juga *crew & consumables*.

Perhitungan berat lambung kapal yang berbahan dasar plastik HDPE dilakukan menggunakan bantuan *software maxsurf structure* yang akan menghitung luasan dari pelat kapal kemudian akan dikalikan dengan tebal pelat untuk mendapatkan volume, lalu dikonversi

ke dalam berat dengan mengalikan berat jenis plastik HDPE. Sebelum menghitung berat lambung kapal, maka ditentukan tebal pelat HDPE yang akan digunakan dengan mengacu pada regulasi DNV-GL mengenai plastik *polyethylene* sebagai bahan dasar lambung kapal. Berikut ini Gambar V. 9 yang menunjukkan perhitungan luas pelat lambung kapal menggunakan *maxsurf structure*:



Gambar V. 9 Perhitungan Luas Pelat Kapal

Adapun rekapitulasi dari perhitungan berat dan titik berat dari masing-masing komponen kapal terlihat pada berikut ini:

Tabel V. 5 Rekapitulasi Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Komponen	Berat (ton)	LCG (m dari FP)	KG (m)
LWT			
Lambung Kapal	21.367	10.977	1.172
<i>Equipment</i>	1.743	9.966	2.415
Permesinan	11.259	15.502	1.403
DWT			
<i>Crew & consumables</i>	31.463	11.071	1.328
<i>Paload (Ikan)</i>	30.518	8.300	1.250
Total	96.350	10.670	1.297

V.4.6. Pengecekan Berat Kapal dan *Displacement*

Setelah dilakukan perhitungan total berat kapal, maka dilakukan pengecekan dengan total *displacement* kapal dengan margin 2-10%. *Margin* yang diperoleh berdasarkan pengecekan ialah sebagai berikut:

<i>Displacement</i> Kapal	= 98.294 ton
Berat total Kapal	= 96.350 ton
<i>Displacement</i>	= Berat kapal + <i>Margin</i> (2-10%)
<i>Margin</i> Kapal	= 2.0 %
Status	= <i>Accepted</i>

V.4.7. Pengecekan Volume Ruang Muat (*Fishing Hold*)

Pengecekan ruang muat yang didesain terhadap volume total *payload* (ikan) dilakukan dengan bantuan aplikasi *maxsurf stability* dengan membuat tangki berukuran L = 5.0 m, W = 5.5 m dan H = 2.5 m yang disesuaikan posisinya sesuai gambar *general arrangement*, batasan *margin* 1-5%. Berikut ini pengecekan yang dilakukan:

Volume Dibutuhkan	= 61.035 m ³
Volume Desain	= 62.694 m ³
Volume desain	= Volume dibutuhkan + <i>Margin</i> (1-5%)
<i>Margin</i> Kapal	= 2.6 %
Status	= <i>Accepted</i>

V.4.8. Perhitungan *Freeboard*

Perhitung lambung timbul kapal dengan panjang kurang dari 24 m tidak dapat menggunakan ketentuan *International Convention on Load Lines* (ICLL) 1966. Oleh sebab itu, perhitungan lambung timbul menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standard Indonesian Flagged Chapter VI, Appendix 4*. Berikut ini merupakan perhitungan lambung timbul kapal:

L	= 21.00 m
H	= 2.50 m
B	= 5.50 m
T	= 1.50 m
d1	= 85% Moulded Depth
	= 4.68 m

CB	= 0.55
----	--------

Tipe kapal= *Type B*

Perhitungan :

- Initial Freeboard (fb) for Type B Vessels

Fb	= 0.8L cm	L ≤ 50m
	16.80 cm	

• Koreksi

1. Koreksi Cb

Apabila $C_b \geq 0.68$, maka harus dikalikan dengan faktor :

$$Fb1 = 16.80 \text{ cm}$$

2. Koreksi Depth/Height of Vessel

Apabila $D \geq L/15$, maka freeboard harus ditambahkan :

Apabila $D \leq L/15$, maka freeboard tidak perlu dikoreksi

$$L/15 = 1.40 \text{ Koreksi}$$

$$D = 2.50$$

$$Fb2 = 38.80 \text{ cm}$$

3. Koreksi Superstructure and trunk

Apabila kapal memiliki bangunan atas dan trunk, maka freeboard harus dikurangi dengan :

$$L_s = \text{Panjang Superstructure (5.5 m)}$$

$$H_s = \text{Tinggi Superstructure (2.4 m)}$$

$$Fb3 = 7.37 \text{ cm}$$

4. Koreksi Sheer

$$B = 0.125L \text{ cm} = 2.625 \text{ cm}$$

$$A = 1/6 [2.5 (L + 30) - 100 (S_f + S_a) (0.75 - S/2L)] \text{ cm}$$

$$A = 10.93 \text{ cm}$$

Koreksi *Sheer* ditetapkan sebagai berikut :

a. $A \geq 0$, koreksi ditetapkan = A cm

b. $A \geq 0$, dan harga mutlak $A \geq B$, koreksi ditetapkan = $-B$ cm

c. $A \leq 0$, dan harga mutlak $A \leq B$, koreksi = A cm

$$S_f = \text{tinggi sheer di FP (meter)} = 1 \text{ m}$$

$$S_a = \text{tinggi sheer di AP (meter)} = 0 \text{ m}$$

$$S = \text{panjang superstructure}$$

Kapal didesain menggunakan Sheer, maka koreksi sheer = 10.93 cm

Maka lambung timbul menjadi :

$$Fb4 = 18.3 \text{ cm}$$

$$Fb_{tot} = 18.3 \text{ cm} = 0.18 \text{ m}$$

$$Fb_{min} = 15.00 \text{ cm (kapal tipe B)}$$

- *Minimum Bow height*

Persyaratan *Bow Height* ini tidak berlaku untuk kapal tidak diawaki dan juga kapal dengan $L < 24 \text{ m}$

- Batasan *Freeboard*

$$Fba = H - T$$

$$= 1.00 \text{ m, Accepted (karena } Fba > Fb \text{ perhitungan maka Accepted)}$$

V.4.9. Perhitungan Stabilitas

Perhitungan stabilitas pada Tugas Akhir ini dilakukan berdasarkan kemungkinan *loadcase* yang terjadi selama kapal berlayar dan diperoleh 7 *loadcase* yang mewakili sebagai berikut:

Tabel V. 6 *Loadcase* Kapal Ikan Hibrida HDPE

Kondisi Kapal	LWT + Crew	Gas Hidrogen	Purified water	Seawater	Fishing hold	Ice
<i>Loadcase 1</i>	100%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Loadcase 2</i>	100%	0%	0%	100%	0%	0%
<i>Loadcase 3</i>	100%	0%	100%	0%	0%	0%
<i>Loadcase 4</i>	100%	100%	0%	0%	0%	0%
<i>Loadcase 5</i>	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<i>Loadcase 6</i>	100%	100%	100%	100%	50%	50%
<i>Loadcase 7</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%

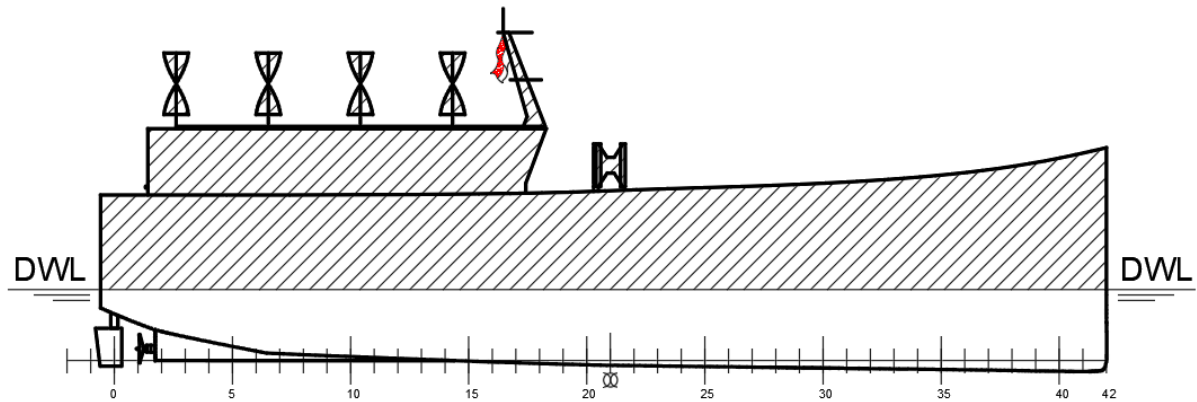
Loadcase 1-5 merupakan tahap awal produksi bahan bakar pada kapal yakni gas hidrogen, dapat dilihat pada Tabel V. 6 bahwa masih belum terdapat *payload* dan es. *Loadcase 6-7* merupakan tahap pada saat proses penangkapan ikan, dimana sepanjang proses ini produksi hidrogen juga tetap berlangsung dan tangki *seawater*, *purified water*, dan gas hidrogen selalu diusahakan dalam keadaan penuh untuk menjadi *back up* apabila daya dari baterai sudah habis.

Setelah didapatkan *loadcase* seperti pada Tabel V. 6, maka dilakukan analisis stabilitas dengan bantuan aplikasi *maxsurf stability* dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel V. 7 Hasil Perhitungan Stabilitas Kapal Ikan Hibrida HDPE

Data	Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Loadcase 4	Loadcase 5	Loadcase 6	Loadcase 7	Kriteria	Status
e0-30°(m.deg)	14.81	13.68	14.21	14.8	13.2	10.74	9.67	≥ 3.15	OK
e0-40°(m.deg)	23.35	22.07	22.76	23.35	21.61	18.39	16.71	≥ 5.16	OK
e30-40°(m.deg)	8.54	8.39	8.55	8.55	8.41	7.65	7.04	≥ 1.72	OK
h30°(m.deg)	0.98	0.96	0.97	0.98	0.94	0.84	0.76	≥ 0.20	OK
θ_{max} (deg)	49.5	50	49.5	49.5	49.5	46.8	45	≥ 25	OK
GM0(m)	2.36	1.97	2.12	2.35	1.82	1.33	1.19	≥ 0.15	OK
Steady angle (deg)	4.5	2.3	2.2	4.5	0.3	2.5	2	≤ 16	OK
Immersion angle (%)	78.35	75.36	76.69	79.11	68.93	72.83	33.08	≤ 80	OK
Area1/Area2 (%)	252.08	501.88	458.33	253.18	759.83	661.05	1110.82	≥ 100	OK

Dalam perhitungan stabilitas kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE kriteria *severe wind* ditambahkan, pada saat menganalisis stabilitas menggunakan kriteria *severe wind* diperlukan nilai luasan kapal yang berada diatas sarat/permukaan air secara lateral. Nilai luasan ini diperoleh dengan bantuan aplikasi *autoCAD* seperti terlihat pada dibawah ini:



Gambar V. 10 Luas Lateral Kapal di Atas Sarat

V.4.10. Perhitungan *Trim*

Trim merupakan keadaan pada kapal dimana terjadi perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi dimana sarat belakang T_f dan sarat depan T_a adalah sama. *Trim* terbagi dua yaitu :

- Trim* haluan ($T_a \leq T_f$)
- Trim* buritan ($T_f \leq T_a$)

Perhitungan trim dengan rumus yang diambil dari buku *Parametric Design, Chapter 11*:

$$\begin{array}{llll}
 L = & 21.0 & \text{m} & \text{Vol. Disp} = 98.29 \quad \text{m}^3 \\
 B = & 5.5 & \text{m} & \text{KG} = 1.30 \quad \text{m}^3 \\
 T = & 1.5 & \text{m} & \text{LCG dr FP} = 10.67 \quad \text{m} \\
 C_m = & 0.792 & & \text{LCB dr FP} = 10.71 \quad \text{m} \\
 C_b = & 0.554 & & \\
 C_{wp} = & 0.882 & &
 \end{array}$$

Hydrostatic Properties

$$\begin{aligned}KB/T &= 0.90 - 0.30C_m - 0.1C_b \\ &= 0.6070\end{aligned}$$

$$KB = 0.91 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}CIT &= 0.1216 C_{wp} - 0.0410 \\ &= 0.0663\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}IT &= CIT \cdot L \cdot B^3 \\ &= 231.4734\end{aligned}$$

BMT = Jarak antara titik tekan *buoyancy* terhadap titik *metacenter* secara melintang

$$\begin{aligned}BMT &= IT/vol \\ &= 2.35 \text{ m}\end{aligned}$$

CIL = *longitudinal inertia coefficient*

$$\begin{aligned}CIL &= 0.350 C_{wp2} - 0.405 C_{wp} + 0.146 \\ &= 0.0611\end{aligned}$$

IL = *moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis*

$$\begin{aligned}IL &= CIL \cdot B \cdot L^3 \\ &= 3110\end{aligned}$$

BML = Jarak antara titik tekan *bouyancy* terhadap titik *metacenter* secara memanjang

$$\begin{aligned}BML &= IL/vol \\ &= 31.64 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}GML &= BML + KB - KG \\ &= 31.26 \text{ m}\end{aligned}$$

$$Trim = T_A - T_F$$

$$\begin{aligned}Trim &= (LCG - LCB) \cdot L / GML \\ &= -0.025 \text{ m}\end{aligned}$$

Kondisi *trim* = *Trim* Haluan (karena jika nilai *trim* < 0 maka *trim* haluan; *trim* > 0 maka *trim* buritan; *trim* = 0 maka *even keel*)

$$\text{Batasan } Trim \ 0.5\%L_{pp} = 0.105 \text{ m}$$

Kondisi Total = OK (karena selisih LCG & LCB < 0.5% L_{pp})

BAB VI ANALISIS EKONOMIS

VI.1. Umum

Setelah melakukan analisis teknis berdasarkan standar/regulasi yang berlaku pada bab sebelumnya, maka pada bab ini akan dibahas mengenai analisis ekonomis dari kapal yang akan didesain berupa perhitungan total biaya pembangunan kapal.

VI.2. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Perhitungan biaya pembangunan kapal meliputi total harga dari seluruh komponen kapal seperti pelat HDPE, komponen dari sistem hibrida, perlengkapan kapal yang akan ditambahkan *margin* keuntungan dari galangan. Pada Tabel VI. 1 berikut ini terlihat rincian biaya yang dibutuhkan untuk membangun kapal ikan hibrida berbahan dasar plastik HDPE:

Tabel VI. 1 Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal Ikan Hibrida HDPE

Kategori	Jenis	Jumlah	Satuan	Harga/Satuan	Harga/Satuan Rupiah	Harga Total
Lambung Kapal	Pelat HDPE (Lambung + Superstructure)	142	lembar	\$ 853.20	Rp 12,328,740.00	Rp 1,750,681,080.00
Sistem Hibrida	Desalinator	1	buah	\$ 13,000.00	Rp 187,850,000.00	Rp 187,850,000.00
	Electrolyser	1	buah	\$ 50,000.00	Rp 722,500,000.00	Rp 722,500,000.00
	Compressor	1	buah	\$ 7,146.50	Rp 103,266,925.00	Rp 103,266,925.00
	tanki H2	7	buah	\$ 69.00	Rp 997,050.00	Rp 6,979,350.00
	Fuel cell	1	buah	\$ 50,000.00	Rp 722,500,000.00	Rp 722,500,000.00
	Baterai	9	buah	\$ 13,297.95	Rp 192,155,377.50	Rp 1,729,398,397.50
	Solar Panel	14	buah		Rp 5,000,000.00	Rp 70,000,000.00
	VAWT	20	buah	\$ 768.20	Rp 11,100,490.00	Rp 222,009,800.00
Equipment	Ice Scaler (Pendingin ruang muat)	1	buah		Rp 101,250,000.00	Rp 101,250,000.00
	Net Hauler	2	buah	\$ 2,600.00	Rp 37,570,000.00	Rp 75,140,000.00
	Gill net	1	buah		Rp 24,126,544.00	Rp 24,126,544.00
	GPS + Antena Furuno GP 32	1	buah		Rp 12,880,000.00	Rp 12,880,000.00
	AIS System Furuno FR-150	1	buah	\$ 1,021.97	Rp 14,767,466.50	Rp 14,767,466.50
	Fish Finder JRC JFC-130	1	buah	\$ 5,164.50	Rp 74,627,025.00	Rp 74,627,025.00
	Kompas Ritchie TR33	1	buah	\$ 41.63	Rp 601,553.50	Rp 601,553.50
	VHF Radio COBHAM-SAILOR RT-6222	1	buah	\$ 1,447.86	Rp 20,921,577.00	Rp 20,921,577.00
	SSB Radio JRC JSS-2150	1	buah	\$ 5,922.00	Rp 85,572,900.00	Rp 85,572,900.00
	Navtex Furuno NX-700	1	buah	\$ 1,779.00	Rp 25,706,550.00	Rp 25,706,550.00
	Kursi Kapten	1	buah	\$ 263.99	Rp 3,814,655.50	Rp 3,814,655.50
	Kasur tingkat	4	buah		Rp 1,200,000.00	Rp 4,800,000.00
	Lemari	4	buah		Rp 903,000.00	Rp 3,612,000.00
	Kompor	1	buah		Rp 399,000.00	Rp 399,000.00
	Kulkas	1	buah		Rp 2,019,000.00	Rp 2,019,000.00
	Kran Dapur	1	buah		Rp 429,000.00	Rp 429,000.00
	Toilet	1	buah		Rp 1,288,000.00	Rp 1,288,000.00
	Shower	1	buah		Rp 2,565,000.00	Rp 2,565,000.00
	Meja Mess	2	buah		Rp 760,000.00	Rp 1,520,000.00
	TV	1	buah		Rp 1,399,000.00	Rp 1,399,000.00
	Kursi Mess	8	buah		Rp 758,000.00	Rp 6,064,000.00
Biaya Pembangunan						Rp 5,978,688,824.00
Margin Keuntungan Galangan (25%)						Rp 1,494,672,206.00
Total Akhir Biaya Pembangunan						Rp 7,473,361,030.00

Dari perhitungan pada Tabel VI. 1 diatas, maka diperoleh biaya total pembangunan kapal sebesar Rp 7,473,361,030.00

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII

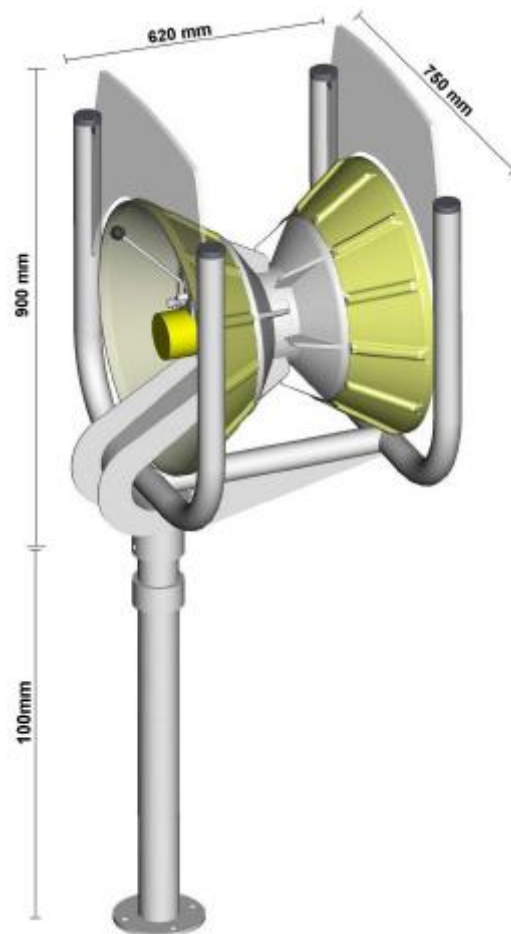
Setelah dilakukan analisis teknis dan juga analisis ekonomis pada bab-bab sebelumnya, maka pada bab ini akan dibahas mengenai desain kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE. Desain dari kapal ikan hibrida berbahan HDPE meliputi peralatan tangkap, gambar *lines plan*, *general arrangement* dan *3D modelling*.

Kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE yang didesain menggunakan alat tangkap berupa *drifting gill net* dengan menyesuaikan tinjauan potensi perikanan di Provinsi Kepulauan Riau yang secara garis besar merupakan ikan pelagis yang berada dekat dengan permukaan air dan juga pertimbangan penggunaan alat tangkap jenis *gill net* ialah peralatan tangkap jenis ini diperbolehkan untuk kapal ikan ≥ 30 GT menurut PERMEN-KP Nomor 71 Tahun 2016. Gambar VII. 1 berikut ini merupakan alat tangkap yang digunakan:



79

pada proses penangkapan ikan dengan kapasitas tarik sebesar 0.6 ton. Gambar VII. 2 berikut ini merupakan *net hauler* yang digunakan untuk menarik *gillnet* ke atas kapal:



Gambar VII. 2 *Net Hauler* Kapal Ikan Hibrida HDPE
(sumber : <http://www.virhydro.com>)

VII.3. Rencana Garis (*Lines Plan*)

Pembuatan rencana garis / *lines plan* dilakukan dengan kombinasi *software maxsurf modeler* dan AutoCAD. Bentuk lambung kapal yang akan didesain mengadaptasi dan mengadopsi beberapa karakteristik bentuk lambung kapal ikan dari salah satu perusahaan Damen *Shipyards* dan juga dikombinasikan dengan penggunaan *axe bow* pada bagian haluan kapal yang berguna untuk mengurangi hambatan total kapal. Gambar VII. 3 berikut ini merupakan kapal ikan milik Damen *Shipyards*:



Gambar VII. 3 *Fish Collecting Vessel 2308*
(sumber : www.damen.com)

Pada kapal *monohull* bentuk haluan sangat berpengaruh terhadap hambatan kapal dan pada beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian dengan metode CFD yang menunjukkan bahwa penggunaan *axe bow* dapat mengurangi hambatan total 6.22% lebih rendah dibandingkan model awal/*conventional bow*, serta pada analisis *seakeeping* kapal menunjukkan bahwa model dengan *axe bow* memiliki nilai maksimum *heave* & *pitch* yang lebih kecil daripada model asli dan *x-bow* (justru memiliki nilai *heave* & *pitch* yang lebih besar dari model awal. (Fernandez, 2018)

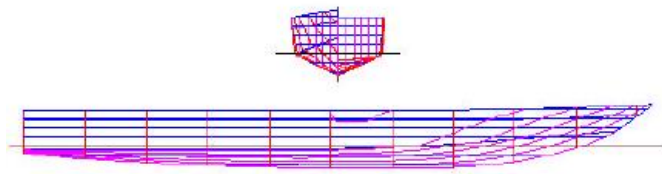


Figure 2. Body lines of the ESC4100.

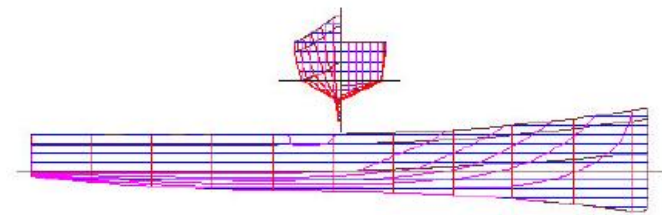
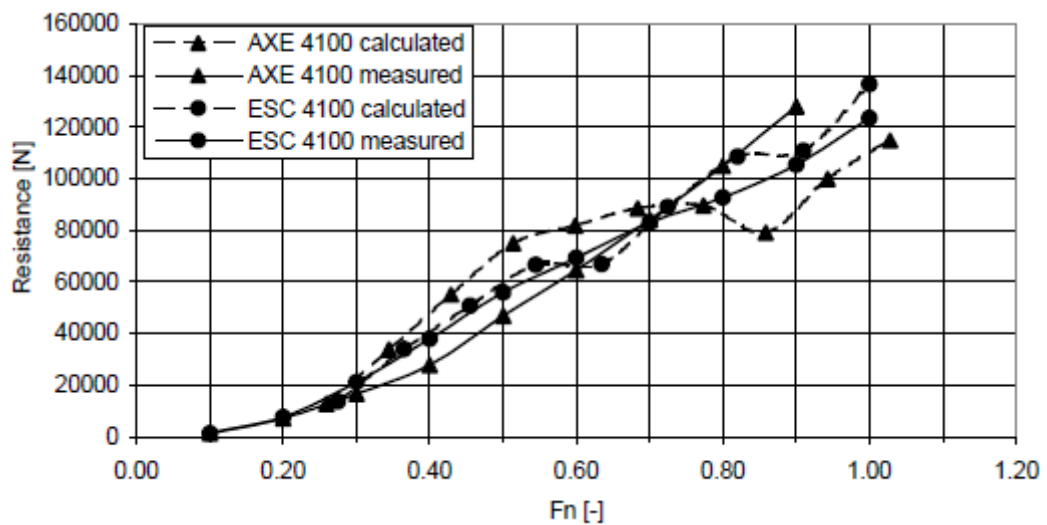


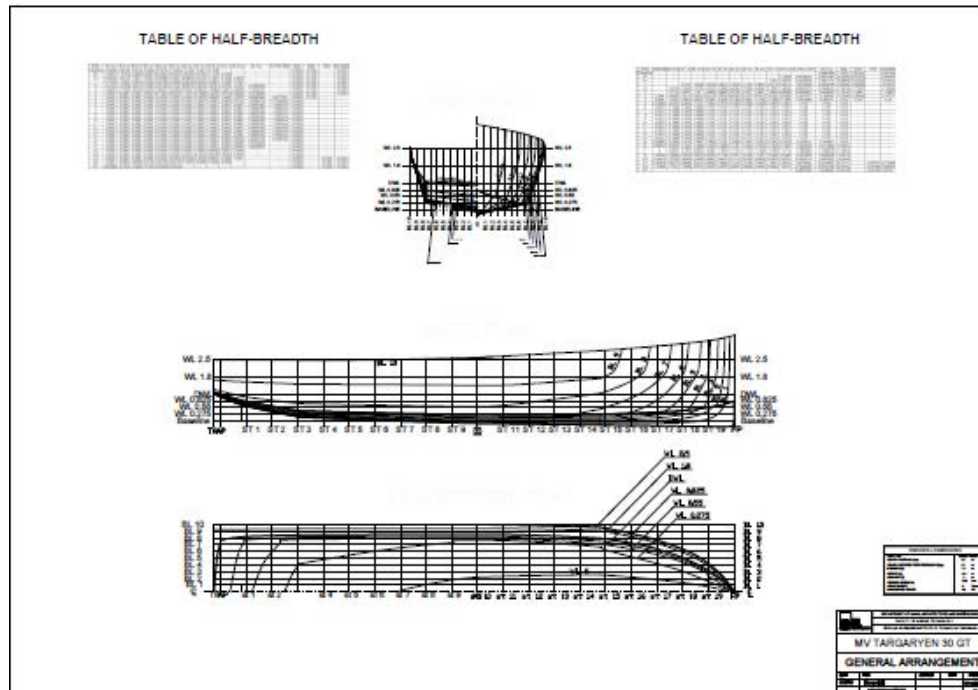
Figure 3. Body lines of the AXE4100.

Gambar VII. 4 Permodelan Konvensional *Bow* dan *Axe Bow*
(sumber : (J. A. Keuning, 1995))



Gambar VII. 5 *Calm Water Resistance of ESC4100 and AXE4100*
(sumber : (J. A. Keuning, 1995))

Seperti terlihat pada Gambar VII. 5 diatas bahwa hambatan kapal dengan *Axe Bow* lebih rendah dibandingkan *Conventional Bow*. Maka dari itu penulis menggunakan *Axe Bow* pada pembuatan *lines plan* kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE. Berikut ini Gambar VII. 6 yang merupakan desain rencana garis kapal ikan hibrida berbahan HDPE (gambar dengan ukuran kertas A3 dapat dilihat pada lampiran):



Gambar VII. 6 *Lines Plan* Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE

VII.4. Rencana Umum (General Arrangement)

Pembuatan rencana umum / *general arrangement* dilakukan dengan bantuan *software* AutoCAD. Gambar rencana umum mengikuti desain rencana garis dan menyesuaikan beberapa ketentuan, seperti geladak akomodasi yang cukup untuk para awak kapal, jarak minimal lorong/*gangway* yang cukup untuk dilalui dua orang saat berpapasan (± 0.6 m), luasan yang dibuthkan untuk *machinery spaces* dan juga *fishing hold* dan juga ketentuan lainnya. Gambar VII. 7 berikut ini merupakan desain rencana umum dari kapal ikan hibrida berbahan HDPE (gambar dengan ukuran kertas A3 dapat dilihat pada lampiran):



Gambar VII. 8 Permodelan 3D Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE (Tampak Depan)



Gambar VII. 9 Permodelan 3D Kapal Ikan Hibrida Berbahan HDPE (Tampak Depan)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

VIII.1. Umum

Pada bab terakhir ini berisi mengenai hasil berupa kesimpulan dari seluruh proses desain kapal ikan hibrida berbahan HDPE yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya serta terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk penelitian Tugas Akhir selanjutnya.

VIII.2. Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan teknis dan ekonomis pada Tugas Akhir ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan *payload* kapal sebesar 30.52 ton dan ukuran utama kapal sebagai berikut:

Lpp	= 21 m
B	= 5.5 m
H	= 2.5 m
T	= 1.5 m
Vs	= 8 knot
2. Desain kapal ikan hibrida berbahan HDPE memenuhi persyaratan teknis berupa *freeboard* dimana *freeboard actual* 1 m dan syarat minimum 0.18 m berdasarkan NCVS-Indonesian Flagged, *trim* dimana *trim* kapal sebesar 0.037 m sementara *trim* maksimal sebesar 0.105 m berdasarkan SOLAS Chapter II-1, Reg. 5-1, dan stabilitas untuk keadaan muatan penuh dan muatan kosong memenuhi *criteria* IMO berupa luasan minimum kurva pada sudut 0-30°, 0-40°, 30-40°, $GZ\ 30^\circ \geq 0.2\text{ m}$, sudut $GZ\ \text{maks} \geq 25^\circ$, nilai minimum GM0, nilai maksimum *steady heeling angle* dan nilai minimum perbandingan luasan lateral kapal diatas sarat yang dapat dilihat pada lampiran A.
3. Sistem hibrida pada kapal memiliki dua sumber daya utama yakni baterai dengan pengisian daya berasal dari *Vertical Axis Wind Turbine* dan *Photovoltaic Panel*

selama ± 9.47 jam, sementara *fuel cell* dengan bahan bakar gas hidrogen yang diproduksi *on-board* selama ± 9.59 jam untuk penggunaan selama satu hari (24 jam).

4. Desain *Lines Plan* kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE memiliki spesifikasi bentuk haluan *Axe bow* dan *chine* pada kedua sisi kapal, *lines plan* dapat dilihat pada lampiran B. Pada *General Arrangement* kapal 20 buah VAWT dan 14 buah *Photovoltaic panel* untuk pengisian daya baterai diletakkan pada *top deck*, *general arrangement* dapat dilihat pada lampiran C. Desain 3D kapal ikan hibrida dibuat berdasarkan *general arrangement* dan dapat dilihat pada lampiran D.
5. Biaya pembangunan yang diperlukan sebesar Rp 7,473,361,030.00 dan dapat dilihat pada lampiran A.

VIII.3. Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat direkomendasikan penulis untuk penelitian berikutnya, yakni:

1. Perlu adanya analisis kekuatan struktur dan konstruksi kapal berbahan dasar plastik HDPE.
2. Perlu dilakukan analisis lebih mendalam mengenai kelistrikan antar komponen dan peralatan sistem hibrida.
3. Perlu dilakukan analisis ekonomi yang lebih mendalam terkait kelayakan pembangunan kapal ikan hibrida berbahan dasar plastik HDPE.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianta, M. F. (2017). Desain Kapal Pengolah Ikan sebagai Bahan Baku Pembuatan Tepung di Perairan Lamongan. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 6.
- al., J. D. (2018, June 25). *Photovoltaic cell*. Retrieved from Energy Education: energyeducation.ca
- Authorities, A. I. (2003). *Ship Design and Construction*. USA: Sheridan Books.
- Boats, T. (2018). *10 reason to choose a HDPE workboat*. Retrieved from Tideman Boats: tidemanboats.com
- BPS. (2019, January 10). *Produksi Perikanan Tangkap Menurut Provinsi dan Jenis Penangkapan, 2000-2016*. Retrieved from Badan Pusat Statistika: www.bps.go.id
- Erussard, V. (2018). *The Mission*. Retrieved from energy-observer: <http://www.energy-observer.org>
- Fernandez, P. M. (2018). *Desain Fast Displacement Ship Untuk Lomba Kapal Cepat Pada Hydrocontest*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hidayat, A. (2016). *Desain Kapal Penumpang Hybrid Berbahan Dasar HDPE Untuk Rute Sumenep-Gili Labak, Kabupaten Sumenep-Madura*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- II, P. o. (1988). *Edward V. Lewis*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- J. A. Keuning, J. P. (1995). Performance, Further Investigation into the Hydrodynamic. 15.
- J. Schneider, S. D. (2010). ZEMShip. *18th World Hydrogen Energy Conference 2010 - WHEC 2010* (p. 4). Essen: Institute of Energy Research.
- KEPRI, B. (2016). *Sektor Perikanan*. Retrieved from BAPPEDA KEPRI: <http://bappeda.kepriprov.go.id>
- Kepri, D. (2018). *Tentang Kepri*. Retrieved from Portal Resmi Provinsi Kepulauan Riau: kepripov.go.id
- Knier, G. (2008, August 6). *How do Photovoltaics Work?* Retrieved from NASA Science: www.science.nasa.gov
- L. van Biert, M. G. (2016). A review of fuel cell systems for maritime applications. *Science Direct*, 20.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Vol. I*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Linde, H. (2004). Multipurpose Cargo Ships. In T. Lamb (Ed.), *Ship Design and Construction* (Vol. 2, pp. 27-35). New Jersey.
- Niam, W. A. (2017). Desain Kapal Ikan di Perairan Laut Selatan Malang. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 6.
- Papanikolau, A. (2014). *Ship Design Methodologies of Preliminary Design*. Athens: Springer.
- Resnaji, B. A. (2018). *Desain 2-In-1 Catamaran Fishing - Tourism Boat Dengan Variasi Deck Convertible Di Perairan Jepara*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sharda. (2017, October 9). *Types of Fishing Vessels*. Retrieved from Marine Insight: www.marineinsight.com
- Siswandi B, W. D. (2016). High Density Polyethylene (HDPE) Vessel of Pompong as a Fishing Vessel for Bengkalis Fisherman. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 6.
- Tomas Tronstad, H. H. (2017). Study On The Use Of Fuel Cell In Shipping. *DNV GL*, 108.

University of Central Florida. The Florida Solar Energy Center (FSEC). (2014). *Hydrogen Basics - Storage*. Retrieved from Florida Solar Energy Center: www.fsec.ucf.edu

van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge*. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.

VAWT and HAWT Compared. (2011). Retrieved from Alchemy Power: <http://alchemy-power.com>

Vertical Axis Wind Turbine Design. (2018, December). Retrieved from Alternative Energy Tutorials: www.alternative-energy-tutorials.com

Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.

LAMPIRAN

- Lampiran A Perhitungan Teknis Dan Ekonomis Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar HDPE
- Lampiran B Gambar *Lines Plan* Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar HDPE
- Lampiran C Gambar *General Arrangement* Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar HDPE
- Lampiran D Gambar *3D-Modelling* Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar HDPE

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS KAPAL IKAN
HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE

Penentuan *Payload*

No	Kabupaten	Volume Produksi (Ton)	PTM	MT	KM				
					1-5 GT	5-10 GT	10-20 GT	20-30GT	>30 GT
1	NATUNA	86141.74	1138	159	2484	395	25	9	8
2	BATAM	34010	1734	4717	1926	97	24	26	59
3	KARIMUN	60115.85	1283	2747	2138	97	6	197	126
4	TANJUNGPINANG	1898.5	629	20	20	20	6	19	9
5	BINTAN	53338.45	948	194	1592	415	133	188	-
6	LINGGA	33785	3118	347	4453	45	11	-	6
7	KEPULAUAN ANAMBAS	29494	1567	435	2458	17	6	-	-
JUMLAH		298783.54	10417	8619	15071	1086	211	439	208

PENENTUAN PAYLOAD (Cargo Hold)

Produksi Kepulauan Riau	298783.54 ton	jarak rute	607 km	
Jumlah Kapal (>30GT)	208 buah	speed	8 knot	14.816 km/h
tangkapan ikan per kapal	1436.46 ton	durasi pelayaran	41 hour	1.7 days (perjalanan)
tangkapan ikan per trip per kapal	30.52 ton	hari efektif	259 days	2.0 days (Penangkapan ikan)
stowage factor	0.5 ton/m3	jumlah trip	47 kali	1.0 days (bongkar muat)
cargo hold volume	61.04 m3	106 hari libur : 60 hari paceklik		0.8 days (Hidrogen + Baterai)
Rencana (L x W x H)	5.0 m x 5.5 m x 2.5 m	15 hari docking		5.5 days (total 1 trip)
volume desain	62.69 m3	24 hari b.purnama		
		7 hari libur crew		

PENENTUAN PAYLOAD (Machinery Spaces)

	L x W x H (meter)
Desalinator	1.78 x 0.88 x 0.78
Elektroliser	3.5 x 1.4 x 2.2
Kompresor	0.77 x 0.64 x 0.61
Hidrogen tanks	L = 2.342, D = 0.509
Fuel Cell	1.582 x 1.085 x 0.692
batre	1.5 x 0.515 x 0.32
motor elektrik	1 x 0.5 x 0.5
Rencana (L x W x H)	10.5 m x 5.5 m x 2.5 m

Perhitungan Koefisien

Input Data :

Loa =	21.00 m	Vs =	4.115 m/s	8 Knot
H ₀ =	2.50 m	ρ _{sw} =	1.025 ton/m ³	
B ₀ =	5.50 m			
T ₀ =	1.50 m			
Fn =	0.287			

Perhitungan :

Lwl

$$\begin{aligned} Lwl/Lpp &= \text{Loa (Axe Bow)} \\ &= 21.00 \text{ m} \end{aligned}$$

Froude Number

(PNA Vol.II page 5)

$$\begin{aligned} Fn_0 &= \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} \\ &= 4.1152 \times \sqrt{9.81 \times 21} \\ &= 0.287 \end{aligned} \quad \begin{aligned} g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan ratio ukuran utama kapal :

L _o /B _o =	3.8	→	3.5 < L/B < 10	OK	PNA Vol. I Pg. 19
B _o /T _o =	3.7	→	1.8 < B/T < 5	OK	PNA Vol. I Pg. 19
L _o /H _o =	8.4	→	8.2 < L/H < 9	OK	Ship Design & Preliminary Pg. 102
L _o /T _o =	14.0	→	0 < L/T < 30	OK	PNA Vol. I Pg. 19

Koefisien yang dihitung dengan rumus pendekatan :

Block Coefficient (Watson & Gilfillan) :

(Parametric Design chapter 11 page 11)

$$\begin{aligned} C_b &= -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46. \quad \rightarrow \quad 0.15 \leq Fn \leq 0.32 \\ &= 0.554 \end{aligned}$$

Lalu dilakukan pembuatan model dengan koefisien blok yang sama

Koefisien lainnya mengikuti Model Dari Maxsurf :

Midship Section Coefficient

$$C_m = 0.792$$

Waterplan Coefficient

$$C_{wp} = 0.882$$

Prismatic Coefficient

$$C_p = 0.772$$

Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)

$$\begin{aligned} LCB &= 10.293 \text{ m dari AP} \\ &= 10.707 \text{ m dari Fp} \\ &\quad -1.661 \% \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

$$(m^3) \quad -0.207$$

$$\begin{aligned} \nabla &= L \times B \times T \times C_b \\ &= 95.896 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Δ (ton)

$$\begin{aligned} \Delta &= L \times B \times T \times C_b \times \rho \\ &= 98.294 \text{ ton} \end{aligned}$$

Resistance Calculation

Input Data :

Lwl =	21.0 m	Cb =	0.554
H ₀ =	3 m	Cm =	0.792
B ₀ =	5.5 m	Cwp =	0.882
T ₀ =	1.5 m	Cp =	0.772
Fn =	0.287	Vs =	4.115 m/s

Choice No. C_{stern}

1	-25
2	-10
3	0
4	10

Used for

Pram with Gondola
V - Shaped Sections
Normal Sectional Shape
U - Shaped Section With Hogner Stern

Perhitungan :

Viscous Resistance

$$Lwl = Lpp = 21.0 \text{ m}$$

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} = 0.287$$

• C_{F0} (Friction Coefficient - ITTC 1957)

(PNA Vol. II page 90)

$$R_n = L_{wl} \cdot \frac{V_s^3}{\nu}$$

$$= 99.4 \times (6.687 / (1.18831 \times 10^{-6}))$$

$$= 72724457$$

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$= 0.075 / ((\log 559507345) - 2)^2$$

$$= 0.002183$$

$$c = 1 + 0.011 c_{stern}, \quad c_{stern} = 0, \text{ karena bentuk Afterbody normal}$$

$$= 1 + 0.011(0)$$

$$= 1$$

$$\frac{L_R}{L} = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$$

$$= 1 - (0.738) + ((0.06 \times (0.738) \times (0.8201)) / (4 \times 0.738 - 1))$$

$$= 0.191$$

$$Lwl^3 / V = 96.573$$

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.487 \left(\frac{B}{L} \right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L} \right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R} \right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla} \right)^{0.3649} \cdot (1 - C_p)^{-0.6042}$$

(PNA Vol. II page 91)

$$= 1.542$$

Resistance of Appendages

• Wetted Surface Area

(PNA Vol. II page 91)

$$A_{BT} = \text{cross sectional area of bulb in FP}$$

$$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_m$$

$$= 0 \rightarrow \text{tanpa bulb}$$

$$S = L(2T + B) C_M^{0.5} (0.4530 + 0.4425 C_B - 0.2862 C_M - 0.00346 \frac{B}{T} + 0.3696 C_{wp}) + 2.38 \frac{A_{BT}}{C_B}$$

$$= 124.627$$

$$S_{\text{Rudder}} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100} \times 2$$

(Biro Klasifikasi Indonesia 2009 vol.II page 14-1)

$$\begin{aligned} &= 0.551 \\ S_{\text{app}} &= \text{total wetted surface of appendages} \\ &= S_{\text{rudder}} \times 2 \\ &= 0.551 \\ S_{\text{tot}} &= \text{wetted surface of bare hull and appendages} \\ &= S + S_{\text{app}} \\ &= 2195.770 + 21.414 \\ &= 125.178 \end{aligned}$$

• **Harga 1 + k₂**

(PNA Vol. II page 92)

Harga (1+k₂) = 1.3 -1.5 → rudder of single screw ship

$$\begin{aligned} (1+k_2)_{\text{effective}} &= \frac{\sum S_i (1+k_2)_i}{\sum S_i} \\ &= 1.5 \\ 1+k &= 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] \frac{S_{\text{app}}}{S_{\text{tot}}} \\ &= 1.224 + (1.4 - 1.224) \times (21.414/2217.184) \\ &= 1.541 \end{aligned}$$

Wave Making Resistance

(PNA Vol. II page 93)

$$C_4 = 0.5 - 0.0625L/B \rightarrow B/L \geq 0.25, B/L = 0.262$$

$$= 0.261$$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B} \right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$= 17.416$$

$$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 16225 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left(LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T} \right)^3$$

$$= 43.768$$

$$\text{Even Keel} \rightarrow \begin{aligned} T_a &= T \\ T_f &= T \end{aligned}$$

• **Harga m₁**

$$C_5 = 8.03798 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.9844 C_p^3 \rightarrow C_p \leq 0.8$$

$$= 1.186$$

$$m_1 = 0.01404 \frac{L}{T} - 1.7525 \nabla^{\frac{1}{3}} / L - 4.7932 B / L - C_5$$

$$= -2.590$$

• **Harga m₂**

$$C_6 = -1.69385 \rightarrow L3 / \nabla \leq 512 \quad \frac{L^3}{\nabla} = 131.691$$

$$m_2 = C_6 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}} \quad F_n^{-3.29} = 0.26343$$

$$e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0.99108$$

$$= -0.671$$

• **Harga λ**

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \rightarrow L/B \leq 12 \quad Lwl/B = 3.81818182$$

$$= 1.002$$

• **Harga C₂**

$$C_2 = 1 \rightarrow \text{without bulb} \quad d = -0.9$$

• **Harga C₃**

$$A_T = 0 \quad m^2$$

$$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (B \cdot T \cdot C_M) \quad A_T = \text{the immersed area of the transom at zero speed}$$

$$= 1$$

• **Harga R_w/w**

$$\frac{R_w}{W} = \frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 F_n^d} + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})$$

$$=$$

$$= -0.6176$$

• **C_A (Correlation Allowance)**

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205 \rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04 \quad Tf/Lwl = 0.071$$

$$= 0.0007$$

• **W (gaya berat)**

$$W = \rho \cdot g \cdot \nabla$$

$$= 707.125 \text{ N}$$

• **R_{total}**

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{tot} [C_F (1 + k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W$$

$$= 4017.637 \text{ N}$$

$$R_T = 4.018 \text{ kN}$$

$$R_{T \text{ maxsurf}} = 6.5 \text{ kN}$$

• **R_{AA} (Hambatan Angin) PNA Vol. II Hal 30**

$$R_{AA} = 0.783 \times 1/2 B^2 \times (Vr)^2$$

$$= 200.5575609 \text{ N}$$

$$= 0.200557561 \text{ kN}$$

PNA Vol. II Hal 31

$$R_{AA} = 0.734 \times At \times (Vr)^2$$

$$= 253.9016561 \text{ N}$$

$$= 0.253901656 \text{ kN}$$

$$4.272$$

$$R_{T \text{ maxsurf}} = 6.754 \text{ kN}$$

At VAWT=	1.928 m2
At Ship=	18.498 m2
At total =	20.426 m2

Propulsion & Power Calculation

Input Data :

$R_T =$	6.754 kN	$D =$	0.975
$P/D =$	0.95	$Z =$	4
$n \text{ (rpm)} =$	120	$AE/AO =$	0.4
$n \text{ (rps)} =$	2	$PE \text{ (kW)} =$	27.794
$F_n =$	0.287	$\rho =$	1.025
$V_s =$	4.115 m/s	$R_n \text{ propeler} =$	72724457

Perhitungan :

ω (Wake Friction)

(PNA Vol. II page 162-163)

$$C_V = (1+k).C_{F0} + C_A \\ = 0.00410$$

$$\omega = 0,3 C_B + 10 C_V.C_B - 0,1 \quad \rightarrow \text{Single Screw \& transom, } t = 0,1 \text{ dan } \eta_R = 0,98 \\ = (0.3 \times 0.729) + (10 \times 0.00254 \times 0.00254) - 0.1 \\ = 0.089$$

$$\eta_0 = 0.7 \quad \rightarrow \text{pemberian margin lose power} \quad (\text{PNA Vol. II page 152-153})$$

$$\eta_h = \frac{1 - t}{1 - \omega} \quad t=0.1 \\ = 0.9877$$

$$\eta_r = 0.98 \quad \rightarrow \text{Principle of Naval Architecture Vol II hlm.163}$$

$$P_E = R_T.V_s \\ = 27.794$$

Perhitungan PB

$$\eta_R = \eta_B \eta_S = 0.98 \quad \rightarrow (\text{Machineries in Aft, Parametric Design Hlm. 31}) \\ \eta_t = 0.9 \quad \rightarrow (\text{AC/DC system 85-90\%, Parametric Design Hlm. 33}) \\ P_B = \frac{PE}{\eta_h \cdot \eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_s \cdot \eta_b \cdot \eta_t} \quad \text{Parametric Design Hal 29} \\ = 46.510$$

$\eta_h = \text{Hull Efficiency}$
 $\eta_o = \text{Open Water Efficiency}$
 $\eta_r = \text{Relative Rotative Efficiency}$
 $\eta_s = \text{Seal Efficiency}$
 $\eta_b = \text{Line Shaft Bearing Efficiency}$
 $\eta_t = \text{Electrical Transmission Efficiency}$

Koreksi MCR

$$\text{Total } P_B = P_B + 15\% P_B \\ \text{Total } P_B = 53.487 \text{ kW} \\ \text{Total BHP} = 71.727 \text{ HP}$$

Hybrid System Calculation

Input Data :

BHP =	71.727 HP	53.487 kW
Maka digunakan:		
Electric Motor =	80 HP	59.656 kW

HP	kW
1	0.7457

Kebutuhan Listrik:

Electric Motor =	59.66 kW	(catalog)
On Board Needs =	11.93 kW	(20% dari total BHP)
Desalinator =	5.00 kW	(catalog)
Electrolyser =	30.00 kW	(catalog)
Compressor =	5.50 kW	(catalog)
Net Hauler =	9.10 kW	(catalog)
Ice Scaler (pendingin ikan) =	2.40 kW	(catalog)
Total =	123.58 kW	
Inverter =	150.00 kW	(catalog)
Fuel Cell =	135.00 kW	
Baterai =	180.00 kWh	

Kebutuhan Hidrogen:

ZEMShip =	50 kW PEM FC	
	16.7 kg/day	(18th World Hydrogen Energy Conference 2010 - WHEC 2010)
Kapal =	135 kW PEM FC	
	45 kg/day	
	67.5 kg/day	(margin 50% kebutuhan tambahan)

Proses Produksi Hidrogen:

•Hidrogen Tank

Jumlah =	8.04 buah	8.4 kg/tangki	350 Bar
	9 buah	massa jenis =	0.35 m3
		total gas H2 =	24 kg/m3
		W =	75.6 kg
			1.008 ton

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

•Compressor

Volume H2 dikompres =	27.56 m3	350 Bar
Output rate =	13.00 m3/h	5.5 kW
Durasi pengoperasian =	2.12 h	W = 0.167 ton
Tenaga listrik dibutuhkan =	11.66 kWh	

•Electrolyser

H2 dibutuhkan =	27.56 m3	40 Bar
Output rate =	6.00 m3/h	30 kW
Durasi pengoperasian =	4.59 h	total gas H2 = 75.6 kg
Tenaga listrik dibutuhkan =	137.81 kWh	W = 4 ton

•H2O Tank (Purified Water)Overall reaction: $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$ total gas H₂ = 75.6 kg

Menggunakan hk. Kekekalan massa (A. Lavoisier)

H₂O dibutuhkan = 113.4 kg0.1134 m³

40 Bar

H₂O dibutuhkan = 4.536 m³

1 Bar (STP)

Kapasitas Tangki H₂O = 5 m³

(minimal)

Desain = 5.9 m³**•Desalinator**H₂O dibutuhkan = 4.536 m³

5 kW

Output rate = 1.575 m³/h

W = 0.725 ton

Durasi pengoperasian = 2.88 h

Tenaga listrik dibutuhkan = 14.4 kWh

•Seawater TankKapasitas Tangki H₂O = 5 m³Kapasitas Tangki Seawater = 7.5 m³

(minimal)

Desain = 9 m³

Durasi Produksi Hidrogen = 9.59 h

Charging System:**•Battery**

W = 2.655 ton

Kebutuhan = 163.87 kWh

Kapasitas 1 baterai = 20 kWh

Jumlah = 8.193677885 buah

9 buah

Total Kapasitas Baterai = 180 kWh

•Charging (VAWT & PV Panel)

VAWT Output Power = 0.6 kW (catalog)

PV Panel Output Power = 0.5 kW (catalog)

Jumlah minimal VAWT & PV Panel

Penggunaan VAWT = 24 h/day

Penggunaan PV Panel = 6 h/day (09.00-15.00)

Pengisian VAWT (80% Baterai) = 144 kWh 0.203482 m²

Luasan Berat

7% 51%

Pengisian VAWT (20% Baterai) = 36 kWh 2.5545 m²

93% 49%

Jumlah VAWT minimal = 3.6 buah

Jumlah PV Panel minimal = 3 buah

Jumlah VAWT & PV panel menyesuaikan luasan atap dari bangunan atas, maka:

Jumlah VAWT = 20 buah

W = 0.52 ton

Jumlah PV Panel = 14 buah

W = 0.504 ton

Total Output Power = 19 kW

Durasi pengisian Baterai = 9.47 h

Calculation of Weight & Centre of Gravity (Hybrid System)

Berat dan Titik Berat Komponen Hibrida

No	Komponen	Berat (Ton)	L (meter)	W / ø (meter)	H (meter)	LCG (FP)	KG	LCG x Berat	KG x Berat
1	Desalinator/Purifier	0.725	1.78	0.88	0.78	12.2459	0.6249	8.8782775	0.4530525
2	Electrolyser	4	3.5	1.4	2.2	14.0419	1.3637	56.1676	5.4548
3	Compressor	0.167	0.77	0.64	0.61	15.0619	0.5687	2.5153373	0.0949729
4	H2 Storage Tanks	1.008	2.342	0.509	-	15.3819	1.2153	15.5049552	1.2250224
5	Fuel Cell	0.9	1.76	0.53	0.5	17.6559	0.5137	15.89031	0.46233
6	Batteries	2.655	1.5	0.515	0.32	16.6409	0.63	44.1815895	1.67265
7	Inverter	0.7	0.9	1.1	1.6	18.3709	1.5	12.85963	1.05
8	Solar Panel	0.504	1.95	1.31	0.05	16.391	4.925	8.261064	2.4822
9	Vertical Axis Wind Turbines	0.52	1.3	0.52	-	16.8785	5.55	8.77682	2.886
10	Electric Motor	0.08	1	0.5	0.4	18.8242	0.2	1.505936	0.016
Total		11.259						174.5415195	15.7970278
LCG (FP) =		15.5023998	m						
KG =		1.4030578	m						

Katalog Sistem Hibrida

•Hydrogen Tank



HEXAGON COMPOSITES HYDROGEN TYPE 4 CYLINDER INFORMATION

Type 4 cylinders designed and manufactured by Hexagon Composites' wholly owned subsidiaries Hexagon Lincoln, Hexagon Raufoss and xperion Energy & Environment*.

REF	NOMINAL WORKING PRESSURE (15° C) MPa	OUTSIDE DIAMETER MM	OVERALL LENGTH MM	WEIGHT KG	WATER VOLUME L	HYDROGEN CAPACITY KG
A**	20	315	1 060	16	46	0.7
B	25	541	2 783	164	450	6.0
C	25	503	2 342	94	350	6.0
D	30	509	2 342	112	350	7.2
E	35	420	3 190	101	312	7.5
F	35	509	2 342	112	350	8.4
G	50	565	3 277	280	530	16.5
H	50	531	2 424	229	347	10.7
I	70	319	906	34	36	1.4
J	70	238	1 600	29	39	1.6
K	70	420	845	43	64	2.6
L	70	440	1 050	59	76	3.1
M	95	515	2 783	365	254	12.4

•Compressor



J.A. Becker & Söhne
Lifetime business partner



abdruck werbegeräte / 010-320

TECHNICAL DATA

AIR-COMPRESSORS HIGH PRESSURE

Type	free gas delivery			working pressure		stages	cylinders	electric motor		weight	length	width	height
	l/min	m³/h	cfm	bar	PSI			kW	1/min				
SV 200/64	210	12	7,1	64	928	2	2	4	1500	120	650	565	610
SV 1101/64	1100	66	38,8	64	928	3	3	18,5	1500	410	1300	900	950
SV 3000/70	3000	180	105,9	70	1015	3	4	45	1500	690	1570	1120	1085
SV 1101/80	1100	66	38,8	80	1160	3	3	18,5	1500	410	1300	900	950
SV 2000/80	1965	118	69,4	80	1160	3	4	30	1500	590	1460	1080	1085
SV 1101/120	1100	66	38,8	120	1740	3	3	22	1500	590	1360	900	950
SV 270/150	270	16,2	9,5	150	2175	3	3	5,5	1500	167	770	640	610
SV 225/250	225	14	7,9	250	3625	3	3	5,5	1500	167	770	640	610
SV 225/350	218	13	7,7	350	5075	3	3	5,5	1500	167	770	640	610
SVB 300/250	300	18	10,6	250	3625	4	4	7,5	1500	285	1165	735	825
SVC 300/350	290	17	10,2	350	5075	4	4	9	1500	285	1165	735	825
SVB 450/250	455	27	16,1	250	3625	4	4	9	1500	295	1165	735	825
SVC 450/350	445	27	15,7	350	5075	4	4	11	1500	295	1165	735	825
SVD 600/250	585	35	20,6	250	3625	4	4	15	1500	440	1205	890	925
SVD 600/350	575	35	20,3	350	5075	4	4	15	1500	440	1205	890	925
SVD 700/250	705	42	24,9	250	3625	4	4	18,5	1500	470	1205	890	925
SVD 700/350	700	42	24,7	350	5075	4	4	18,5	1500	470	1205	890	925
SVB 1100/150	1130	68	39,9	150	2175	4	4	22	1500	530	1380	1050	1085
SVB 1100/250	1100	66	38,8	250	3625	4	4	30	1500	600	1460	1050	1085
SVB 1100/350	1080	65	38,1	350	5075	4	4	30	1500	600	1460	1050	1085
SVB 1300/250	1400	84	49,4	250	3625	4	4	37	1500	690	1570	1050	1085
SVB 1300/350	1390	84	49,1	350	5075	4	4	37	1500	690	1570	1050	1085

•Electrolyser



Product Details		Company Profile		Report Suspicious Activity	
Condition:	New	Place of Origin:	Zhejiang, China (Mainland)	Brand Name:	COCH
Model Number:	CHO/CHG	Usage:	Hydrogen	Production Rate:	100%
Voltage:	380v/50-60hz	Power(W):	30KW	Weight:	4000kg
Dimension(L*W*H):	3500*1400*2200	Certification:	CE/ISO9001	Color:	Grey
hydrogen Purity:	≥99.999	Application:	Heating\Carbide\Metal De...	Technology:	Water Electrolysis alkalinit...
output pressure:	0.6-4.0MPA	After-sales Service ...	Engineers available to servi...	Warranty:	12 Months

•Desalinator



KATADYN GROUP

SPECTRA CABO 10,000 WATERMAKER

PRODUCT SPECIFICATIONS

Production / Day	10,000 gal (37854 l)
Production / Hour	420 gal (1575 l)
Power Requirement	220v-240v AC 20A to 24A 5 Kilowatts
Weight	1598 lbs (725 kg)
Pre Filters	-----
Controls	MPC 5000 Remote controller
Installation Requirements	Dedicated thruhull, dry and well ventilated area not to exceed 110F/37C
Membranes	(3) 8" x 40" High Rejection Spiral Wound Polyamide
Motor	Commercial variable AC motor with SP-20 series Spectra Pearson Pump
Salt Rejection	99.2%
Temperature Range	Max 110F/37C Min 36F/2C
Baseline Conditions	33,000 PPM feed water at 77F/25C
pH Range	3-11 (typical seawater pH is 8)
Chlorine Tolerance	0 PPM
Warranty	Spectra standard warranty
Shipping Weight	1660 lbs (753 kg)
Shipping Dimensions	76"x43"x37" 193cm x 109cm x 94cm



•Fuel Cell



Fig. 12: PEM Fuel Cell modules assembled in a test rack

Technical data	FCM 34	FCM 120	FCM NG 80	FCM NG 135
Rated power	34 kW	120 kW	80 kW	135 kW*
Voltage range	50–55 V	208–243 V	65–80 V	110–130 V
Efficiency at rated load, approx.	59 %	54 %	54 %	54 %
Efficiency at 20% load, approx.	69 %	68 %	68 %	68 %
Operating temperature	75 °C	75 °C	75 °C	75 °C
H ₂ pressure	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.
O ₂ pressure	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.
Dimensions	H = 48 cm	H = 50 cm	Similar to FCM 120	
	W = 48 cm	W = 53 cm		
	L = 145 cm	L = 176 cm		
Weight (without module electronics)	650 kg	900 kg	Similar to FCM 120	

* The nominal load will be defined at the end of the development in range of 130–140 kW

•Battery

100V series 96V nominal

For all aquawatt 96 / 100V inboard engines and all other 96 V applications.

100 V 200 Ah.

Size A Length 1500 mm, Beam 515 mm, Height 320 mm, Weight 295 Kg,
Also available 160 to 600 Ah in other measurements.

Price for Size A ex works, export Euro 13.800.- Euro 16.560.- VAT included.



Energy 20 kWh

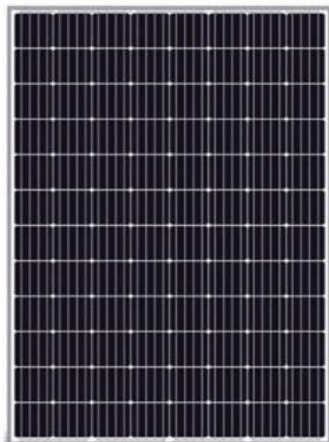
•VAWT



Technical

item	FS-V-600	FS-V-500
Started wind speed (m/s)	<2.5 m/s	2-2.5 m/s
Cut-in wind speed (m/s)	3.5 m/s	3.5 m/s
Rated Wind speed (m/s)	10 m/s	13 m/s
Rated voltage (DC)	48V	48V
Rated power (W)	600W	500W
Max power (W)	650W	550W
Rotor Diameter of Blades (m)	0.52	
Blades Height (m)	1.3(no generator)	
	1.6 (include generator and Flange)	
Safe wind speed (m/s)	Max wind speed: $\leq 40\text{m/s}$, The instantaneous maximum wind speed $\leq 45\text{m/s}$	
Blades quantity	2	
Blade material	glass/basalt	

•PV PANEL



Electrical parameters

Model	SW450M-96	SW480M-96	SW500M-96
Rated max power at STC (W)	450	480	500
Max power voltage (V_{mp}/V)	47.88	48.35	48.63
Max power current (I_{mp}/A)	9.40	9.93	10.28
Open circuit voltage (V_{oc}/V)	58.57	58.89	58.95
Short circuit current (I_{sc}/A)	9.73	10.04	10.87
Module efficiency (%)	17.56	18.73%	19.51%
Power Tolerance	0~+3%		
Standard Test Condition (STC)	Irradiance $1000\text{W}/\text{m}^2$, Cell Temperature 25°C , Air Mass 1.5		

•Inverter



Model		BZP-150KW
Isolation mode		Low Frequency Transformer
DC Input	Rated voltage (Vdc)	480V
	Rated current(A)	312.5A

AC Output	Rated output power	150KW
	Output waveform	Pure Sine Wave
	Rated Voltage	220VAC±3%
	Phases	1 phase 3wire
	Rated current(A)	681A (phase current)
	Frequency	50Hz or 60Hz
	Rated output voltage range (V)	380/400/415/440VAC optional
	Power Factor(PF)	0.9
	Overload Ability	150%, 5 seconds
	Efficiency	>93%
	Waveform distortion rate (THD)	<3% linear=" load=" span=" >
	Dynamic Response (0 to 100% load)	5%,±50ms
	Display	LCD
	Running mode	Working continuously
	Electrical insulation properties	2000Vac, 1 Minute

•Electric Motor



torqeedo

Products

Technology

Service Centre

Dealers

About Torqeedo

News & Press

Technical Data Deep Blue

Deep Blue system	Deep Blue 40i 1800 / 1400 rpm	Deep Blue 80i 1800 / 1400 rpm
	40 HP	80 HP
Input power (peak) in kW		63.4 / 66.0
Input power (continuous) in kW	27.6	55.1
Propulsive power in kW	> 16.2	> 32.4
Comparable petrol outboard (shaft power)	40 HP	80 HP
Maximum overall efficiency in %	> 54	> 54
Motor weight without battery, including electronics in kg	80	80
Shaft length / shaft diameter options	30, 35, 40mm 11/8, 11/4"	30, 35, 40mm 11/8, 11/4"
Maximum propeller speed in rpm	1'800 / 1'400	1'800 / 1'400
Integrated on-board computer with touchscreen display	yes	yes
Liquid Cooling	Sea Water, 7 l/min, max. 32°C	Sea Water, 7 l/min, max. 32°C

Perhitungan Berat Lambung Kapal

Input Data :

$L_o =$	21.000 m	$K =$	1 (LDPE)	
$H_o =$	2.500 m		0.85 (MDPE)	Turk loydu C 4.2 (hal 8)
$B_o =$	5.500 m		0.72 (HDPE)	
$T_o =$	1.500 m	$S =$	0.6 Stiffener Spacing (meter)	
$F_n =$	0.287	$P_f =$	P_{fb}/P_{fs} (greater one,)	
		$\rho_{HDPE} =$	0.965 ton/m ³	(0.944 - 0.965 g/cm ³)

Perhitungan :

Tebal Pelat lembaran HDPE

(DNV - Boat Structural Design Chapter IV Sec. V)

• Thickness of outer hull bottom & Side

$$T_y = KS \sqrt{\frac{P_f}{Lx6.7}} (14 + 3.6xL)$$

$$P_f = P_{fb}/P_{fs} \text{ dari grafik}$$

$$109 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{fb} = 99 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{fs} = 109 \text{ kN/m}^2$$

$$T_y = 34.0689 \text{ mm}$$

$$35 \text{ mm}$$

$$0.035 \text{ m}$$

• Volume Hull

$$V_{\text{hull}} = 6.69032 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{transom}} = 0.236656 \text{ m}^3$$

• Volume Deck

$$V_{\text{Deck}} = 3.68704 \text{ m}^3$$

• Volume Accomodation

$$V_{\text{side}} = 0.924 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aft}} = 0.462 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{fwd}} = 0.462 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ss}} = 1.848 \text{ m}^3$$

• Volume Navigation

$$V_{\text{nav.room}} = 0.654578 \text{ m}^3$$

• Atap

$$V_{\text{nav.room}} = 1.644713 \text{ m}^3$$

• Volume total

$$V_{\text{tot}} = 14.76131 \text{ m}^3$$

• Berat total

$$W_H =$$

$$= 14.24 \text{ ton}$$

• Koreksi Konstruksi (1.5x Berat Hull)

$$V_{\text{DH}} = 21.36699$$

Berat Lambung

$$= 21.37 \text{ ton}$$

Center Gravity of Hull

Input Data :

$$\begin{aligned}L_{pp} &= 21.0 \text{ m} & C_b &= 0.5535 \\B &= 5.5 \text{ m} \\H &= 2.5 \text{ m} \\LCB_{Midship} (\%) &= -2.123\end{aligned}$$

Perhitungan :

KG

(Parametric Design MG Parsons hal 11-25)

$$\begin{aligned}KG/VCG &= 0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B)(L/D)^2) & 1.172 \text{ meter} \\&+ 0.008D(L/B - 6.5), & L \leq 120 \text{ m}\end{aligned}$$

LCG dari midship

(Parametric Design chapter 11 page 25)

$$\begin{aligned}\text{dalam \%L} &= -0.15 + LCB \\&= -2.27319 \% \\ \text{dalam m} &= LCG(\%)*L \\&= -0.47737 \text{ m}\end{aligned}$$

LCG dari FP

$$\begin{aligned}LCG_{fp} &= 0.5*L - LCG \text{ dr midship} \\&= 10.977 \text{ m}\end{aligned}$$

Consumable and Crew Calculation

Input Data :

L =	21.0	m	Vs =	4.115 m/s	=	8	knots
B =	5.5	m	BHP =	53.48682968	kW		
H =	2.5	m		71.72690833	HP		
T =	1.5	m	LWL=	21	m		
			Durasi Pelayaran=	4	hari		

Perhitungan :

Consumable :

• Jumlah Crew (STCW-F 1995)

Total = 8

• Crew Weight

$C_{C\&E}$ = 0.085 ton/person

$W_{C\&E}$ = 0.68 ton

• Seawater

V_{SW} = 9.000 m³

W_{SW} = 9.225 ton

• Fresh Water/ Purified Water

V_{FW} = 5.904 m³

W_{FW} = 5.904 ton

• Gas Hidrogen

W_H = 0.076 ton

• Provision and Store

W_{PR} = 0.01 ton/(person.day)

0.320 ton

• Es Pendingin

V_{Ice} = 23.20 m³

W_{Ice} = 15.259 ton

massa jenis es 0.9168 ton/m³

Wtotal consumable = 31.463 ton

Engine Room Crew

Chief engineer = 1

officer = 2

rating = 1

Deck Crew

Master = 1

Navigational watch officer = 1

Engineer = 1

Rating = 1

Total Crew = 8

Perhitungan Titik Berat Consumable dan Crew

Dimensi ruang akomodasi

• Acc

hacc = 2.4 m

Lacc = 5.50 m

Titik berat crew

• Titik berat

KG = 3.700 m

LCG Fp = 16.291 m

Titik berat seawater

• Dimensi tangki

T_{sw} = 2.5 m

B_{sw} = 3.600 m

L_{sw} = 1.000 m

• Titik berat

KG_{sw} = 1.250 m

LCG_{sw} = 11.306 m

Titik berat purified water/fresh water

• Dimensi tangki

t_{fw} = 2.5 m

B_{fw} = 3.600 m

L_{fw} = 0.500 m

• Titik berat

$$KG_{fw} = 1.250 \quad m$$

$$LCG_{fw} = 13.014 \quad m$$

Titik berat gas hidrogen

• Dimensi tangki

$$\text{Diameter} = 0.509 \quad m$$

$$L_h = 2.342 \quad m$$

tanki hidrogen

$$L = 2.342 \quad \text{meter}$$

$$\text{Diameter} = 0.509 \quad \text{meter}$$

• Titik berat

$$KG_h = 1.171 \quad m$$

$$LCG_h = 15.382 \quad m$$

Titik berat Provision & Store

• Titik berat

$$KG_{pr} = \text{KG poop}$$

$$= 3.700 \quad m$$

$$LCG_{pr} = 17.541 \quad m$$

Titik berat Es Pendingin

• Titik berat

$$KG_{Ice} = 1.250 \quad m$$

$$LCG_{Ice} = 9.788 \quad m$$

Titik berat consumable

$$KG = (W_{C\&E} \times KG + W_{FW} \times KG + W_{SW} \times KG + W_H \times KG + W_{PR} \times KG) / \text{Totalweight}$$

$$= 1.328 \quad m$$

$$LCG \text{ dr FP} = (W_{C\&E} \times LCG + W_{FW} \times LCG + W_{SW} \times LCG + W_H \times LCG + W_{PR} \times LCG) / \text{Totalweight}$$

$$= 11.071 \quad m$$

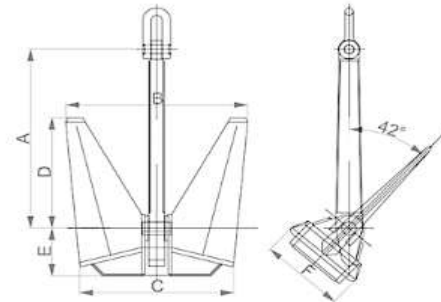
Equipment and Outfitting Calculation

No.	Equipment	Jumlah	Berat (Ton)	LCG (m, FP)	KG (m)	W x LCG	W x KG
1	Jangkar	2	0.120	0.755	2.800	0.090552	0.33594
2	Tali Tambat	3	0.008	0.755	2.800	0.006174	0.022905
3	Net hauler	2	0.164	8.300	3.000	1.3612	0.492
4	Gill net	1	0.056	2.305	1.514	0.130031	0.085414
5	<i>Life Jacket</i>	8	0.010	16.092	2.500	0.160921	0.025
6	<i>Life Buoy</i>	2	0.009	13.756	2.500	0.123806	0.0225
7	Ice Scaler	1	0.590	4.806	0.640	2.835481	0.3776
8	Kompas	1	0.002	12.537	3.700	0.02559	0.007552
9	Radar	1	0.076	12.537	3.700	0.946528	0.27935
10	GPS	1	0.001	12.537	3.700	0.00865	0.002553
11	Fish Finder/e.sounder	1	0.016	12.537	3.700	0.200589	0.0592
12	VHF radio	1	0.004	12.537	3.700	0.050147	0.0148
13	ssb radio	1	0.061	12.537	3.700	0.762237	0.22496
14	Navtex	1	0.002	12.537	3.700	0.019808	0.005846
15	AIS system	1	0.002	12.537	3.700	0.018805	0.00555
16	Kursi kapten	2	0.025	13.332	3.700	0.328978	0.091299
17	Kasur Tingkat	4	0.272	15.790	3.700	4.294907	1.0064
18	Lemari	4	0.180	17.490	3.700	3.148218	0.666
19	Kompor	1	0.008	20.035	3.300	0.160281	0.0264
20	Kulkas	1	0.032	20.035	3.300	0.641123	0.1056
21	Kran dapur	1	0.002	20.035	3.300	0.04007	0.0066
22	Jamban/toilet	1	0.020	18.790	3.300	0.375802	0.066
23	Shower	1	0.003	18.090	3.300	0.05427	0.0099
24	Meja Mess	1	0.062	19.510	3.300	1.209626	0.2046
25	TV	1	0.004	17.840	3.300	0.066008	0.01221
26	Kursi Mess	8	0.016	19.510	3.300	0.312162	0.0528
Total			1.743	9.96619891	2.414668	17.37197	4.20898

Equipment Catalogue

HHP Anchor

Nominal Weight(kg)	A	B	C	D	E	F
60	590	555	470	364	157	270





HHP POOL ANCHOR N TYPE

Mooring Rope



DelendneemaParameter Table

8/12-strand  					
Available Size(4-80mm)		Weight		Breaking strength	
mm Dia	Inch Cir	g/m	kg/220m	kN	Ton
6	3/4	18.3	4.0	31.3	3.2
8	1	34.2	7.5	57.8	5.9
10	1-1/4	55	12.1	91	9.3
12	1-1/2	83	18.3	135	13.8
14	1-3/4	110	24.2	177	18
16	2	130	28.6	207	21
18	2-1/4	184	41	290	29.6
20	2-1/2	227	50	346	35.3
24	3	324	71	480	49
28	3-1/2	444	98	634	65
32	4	589	130	826	84
36	4-1/2	720	158	994	101
40	5	880	194	1196	122
42	5-1/4	979	215	1313	134
44	5-1/2	1078	237	1430	146
46	5-3/4	1171	258	1528	156
48	6	1264	278	1626	166
50	6-1/4	1388	305	1774	181
52	6-1/2	1512	333	1922	196
54	6-3/4	1636	360	2070	211
56	7	1760	387	2218	226
58	7-1/4	1885	415	2360	241
66	8-1/4	2423	533	2964	303
70	8-3/4	2748	605	3327	340
76	9-1/2	3220	708	3837	392
80	10	3530	777	4165	425

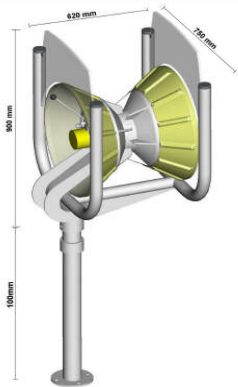
Net Hauler

HYDRAULIC NETS HAULER Ø600

This hydraulic nets hauler is used with all types of nets (meshed or trammel).

It has a drum in a V shape, Ø600mm, width 490mm, with some grooves. The grooves ease the hauling and hold the nets in place.

Built in cast marine grade aluminium and stainless steel, it has a hydraulic distributor with a pressure relief valve.



Exists in PORT or STARBOARD model

REF	Pull kg	Speed m/min	Oil flow l/min	Pressure (bars)		Power HP	Size cm	Weight kg
				Service	Max			
520050	400	55	24	92	150	5.0	62x75x100	80
520051	600	45	25	110	140	6.1	62x75x100	82

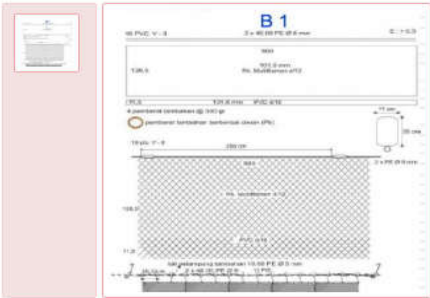
Gill net



DOUBLE FISH B 01 Gill net pertengahan PA Multi d/12 dilengkapi dengan saran PVD d/ 18 mesh size 4 inch 500 meter/11pis

Beli

Spesifikasi	Keterangan Tambahan	Riwayat Harga	Laporkan
Komoditas	Alat dan Mesin Perikanan		
Merek	Double Fish		
No Produk	70101700-AMI-000094682		
Nama Produk	B 01 Gill net pertengahan PA Multi d/12 dilengkapi dengan saran PVD d/ 18 mesh size 4 inch 500 meter/11pis		
Unit Pengukuran	pack		
Nama Penyedia	Inti Jaringmas Fishing Net Industri		
No Produk (Penyedia)	B 1		
Jenis Produk	Lokal		
TKDN Produk	n/a		
Berlaku Sampai	n/a		
Harga	IDR 24.126.544.00 (06 April 2016)		
Webbing	- Webbing (bahan PA Multi d/12 dilengkapi dengan saran PVD d/18, mesh size 4", mesh depth 140, panjang 100 yard) Plis 11		
Tali Temali	- Tali ris atas (bahan PE, Ø 6 mm, panjang 48 m + tali sambung 2 m) Kg 9 - Tali pelampung (bahan PE, Ø 6 mm, panjang 48 m + tali sambung 2 m) Kg 9 - Tali pelampung tambahan (bahan PE, Ø 5 mm, 4 x 10m) Kg 5.2		
Pelampung	- Pelampung (bahan PVC Y-8, @85 gf, 19 buah) Buah 209 - Pelampung tambahan (tipe kapsul berbahan plastik, ukuran panjang 35 cm, Ø 11 cm, 4 buah) Buah 44		
Pemberat	- Pemberat (stainless still, ukuran @ 500 gram, berbentuk cincin, 4 buah) Kg 22		
Lainnya	- Benang pengikat (bahan PA d/9) Kg 1,5 - Tali pemberat (bahan PE Ø 3 mm, 4 x 1 m) Kg 0,52 - Tali selambar (bahan PE, Ø 14 mm, panjang 100 m) Kg 9.2		



Lampiran:

- Price List Ekspedisi.pdf (697.61 KB)

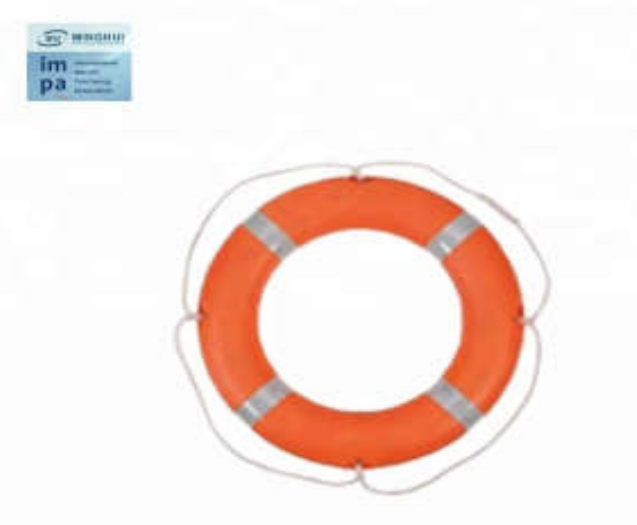
Life jacket



Specification:

Dimension	48*28*56cm
Weight	<1.25KG
Buoyancy	>190N
Outer Material	Polyester
Buoyancy material	EPE foam

Lifebuoy



LIFE BUOY IMPA 330151 LIFESAVING FOR MARINE

Product Description						
Model & Parameter						
Standard:SOLAS						
IMPA Code	Outer diameter	Inner diameter	Thickness	Weight	Buoyancy	Approvals
330151	720	450	95~115	≥2.5kg	≥14.5kg	CCS/EC
330154	750	470	95~115	≥4.3kg	≥14.5kg	CCS/EC

Ice scaler

SPESIFIKASI & HARGA MESIN ICE SCALER FRESH WATER

MESIN ICE SCALER AIR TAWAR AST ICS 500KS



Tipe & Model Mesin	: AST ICS 500KS
Voltase	: 380 Volt / 3 Phase
Daya Listrik	: 2400 Watt
Condensor	: Air Cooling
Refrigerant	: R404a
Kapasitas Produksi	: 500 Kg / 24 Jam
Berat Mesin	: 190 Kg
Dimensi Mesin	: 1255 x 740 x 760 mm
Harga Mesin	: Rp 81.000.000
Tipe & Model BIN Storage	: BIN 400K
Kapasitas Simpan	: 400 Kg
Dimensi Cold Room	: 1320 x 1280 x 1200 mm
Harga BIN	: Rp 20.250.000
Harga Total	: Rp 101.250.000

Kompas (Ritchie TR33)



Product information

Color:Black

Product Dimensions	5 x 5 x 4 inches
Item Weight	4.5 pounds

Radar (JRC JMA-3336 with 10.4" TFT display)



SPECIFICATIONS

Model	JMA-3314	JMA-3334	JMA-3316	JMA-3316 HS	JMA-3336	JMA-3336 HS	JMA-3340-4	JMA-3340-4HS	JMA-3340-6	JMA-3340-6HS
Display	color raster scan PPI									
Scanners										
Model	NKE-2042	NKE-2043	NKE-2062	NKE-2062 HS	NKE-2063	NKE-2063 HS	NKE-2103-4	NKE-2103-4HS	NKE-2103-6	NKE-2103-6HS
Transmitting frequency	X-band (9410MHz ±30MHz)									
Transmitting power	4kW		6kW				10kW			
Scanner type	radome		open							
Antenna length	2ft		3.9ft				4ft		6ft	
Rotation speed	16-48rpm		16-27rpm	27-48rpm	16-27rpm	27-48rpm	16-27rpm	16-48rpm	16-27rpm	16-48rpm
Beam width 3dB	H: 4°, V: 25°		H: 2°, V: 30°				H: 1.8°, V: 20°		H: 1.2°, V: 20°	
		0.08us /								

GPS (Furuno GP-32)



Model GP-32

SPECIFICATIONS OF GP-32

GPS/SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS)

Receiver Type	GPS: Twelve discrete channels, C/A code, all-in-view. SBAS receiver: standard fitted in Display Unit
Receive Frequency	L1 (1575.42 MHz)
Time to First Fix	12 seconds typical (Warm start)
Tracking Velocity	999 kt
Geodetic Systems	WGS-84 (and others)

DGPS

Reference Stations	Automatic or manual selection
Frequency Range	283.5 - 325.0 kHz (all ITU regions), 0.5 kHz steps

Accuracy

GPS	10 m (95%)
DGPS	5 m (95%)
WAAS	3 m (95%)

Display

4.5" diagonal 96 (W) x 60 (H) mm LCD, 120 x 64 pixels

Interface

Output (NMEA 0183 ver 1.5/2.0/2.1):
AAM, APB, BOD, BWC, GGA, GLL, GTD, RMA, RMB, RMC, VTG, XTE, ZDA
Input:
YMWPL (YEOMAN wpt data in NMEA 0183)
DGPS data in RTCM SC104 ver 2.1

DGPS Capability

RTCM SC104 v2.1 format in RS232C from FURUNO GP-30
DGPS Bracon Receiver

ENVIRONMENT (IEC 60945 test method)

Temperature	
Display Unit:	-15°C to +55°C
Antenna Unit:	-25°C to +70°C
Waterproofing	
Display Unit:	IPX5 (IEC 60529), CFR46 (USCG)
Antenna Unit:	IPX6 (IEC 60529)

Fish Finder (JRC JFC-130)

Color Echo Sounder JFC-130/130HP



Major Specification

Display	:10.4-inch high-luminance TFT color LCD	Frequencies	:One or two frequencies of 200/75/50/28 kHz
Power supply	:12/24/32 V DC (10.8-45 V DC)	Output power	:1 kW or 3 kW(HP)
Power consumption	:60 W or less (at 24 V)	Depth range	:2,000m + shift 1,500m
Dimensions	:295(W) × 324(H) × 372(D)mm	Depth scale	:meter, feet, fathoms and optional
Mass	:Approx. 16kg	Scan speed	:9 steps and stop
Operating temperature	:−15°C to +55°C	Background color	:4 colors
Brightness	:Adjustable by control(in common use with power switch)	Echo colors	:16 colors/8 colors
Display modes	:Standard	Interference rejection	:2 steps
	:Standard/Standard	Data indications	:Water depth, temperature and ship speed
	:Standard/A-scope	Graphs	:Water temperature and depth
	:Standard/enlargement	External input/output	:NMEA0183 input/output, JRC format
	:Standard/Bottom enlargement		:Water temperature and speed sensors
	:Standard/Bottom discrimination enlargement		
	:Mixed mode		

VHF radio (COBHAM-SAILOR RT-6222)



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Power supply	12VDC Nominal (10.8– 15.6V/DC) Reverse polarity protected
	SAILOR 6090 Power Converter (24-12V) incl.
Operational temperature range	−25°C to +55°C
Storage temperature range	−40°C to +80°C
Stand-by current consumption	< 500mA
Frequency range	TX 156,000-157,425, RX 156,000-163,425 MHz
Option: Extended frequency range in private channels	
Channel spacing	12.5kHz and 25kHz incl all international maritime channels
Receiver sensitivity	< −119dBm Typically @ 20dB SINAD CCITT Weighted

SSB radio (JRC JSS-2150)



Name	MF/HF Radio equipment		
	JSS-2150	JSS-2250	JSS-2500
IMO type approved		✓	
Output power	150W	250W	500W
Regulations	IMO A.806(19), A.694(17), MSC.68(68), MSC/Circ.802, IEC 60945 Ed.4 2002-08		
Transmission frequency	1605.0 ~ 27500.0kHz(100kHz steps)		
Reception frequency	90.0 ~ 29999.9kHz(100kHz steps)		
Frequency stability	Within ±10Hz		
DSC watch keeping frequency	2187.5kHz, 4207.5kHz, 6312.0kHz, 8414.5kHz, 12577.0kHz, 16804.5kHz		
Type of emission	J3E, F1B, A1A, H2B, J2D, H3E(receiving only)		
User programmable channel	Up to 400 (20 channels x 20 groups)		
ITU preset channel	1722ch		
Channel switching time	15sec or less		
Communication method	Push to talk (simplex, semi-duplex)		
Reception attenuation(ATT)	4 steps: 6dB, 12dB, 18dB, OFF		
Display	3.8 inch LED Backlit (320 by 240 pixels)		
Microphone input	-54dBm		
Audio output	Loud speaker: 5W(8Ω), Handset phone: 1mW(150Ω)		
Interface	IEC61162-1(GPS/AME/RMS)		
Compass safe distance	2.0m		
Receiving system	Double superhetrodyne		
Sensitivity(SINAD 20dB)	J3E : ≤2.5μV, F1B : ≤0.7μV, A1A : ≤1.4μV		
RMS interface	Built in		
Transmitter output 1.6 ~ 4MHz	DC : 100Wpwp	DC : 100Wpwp, AC : 200Wpwp	DC : 100Wpwp, AC : 400Wpwp
Transmitter output 4 ~ 27.5MHz	DC : 150Wpwp	DC : 150Wpwp, AC : 250Wpwp	DC : 150Wpwp, AC : 500Wpwp
Power DC	21.6 to 31.2V		
AC	option(90 to 132V, 180 to 264V)	90 to 132V, 180 to 264V	
Consumption	DC: TX ≤30A, RX ≤5A	DC: TX ≤40A, RX ≤6A AC: TX ≤2.0kVA, RX ≤0.5kVA	DC: TX ≤40A, RX ≤6A AC: TX ≤3.0kVA, RX ≤0.5kVA
Power saving	Relays are turned off when sleep mode		
Ambient condition	Operating temp : -15 to 55°C(controller), -25 to 55°C(antenna tuner) Storage temp : -15 to 55°C(controller), -25 to 70°C(antenna tuner) IP protection rate : IP22(controller), IP66(handset) Relative humidity : 0 to 93% non-condensing		

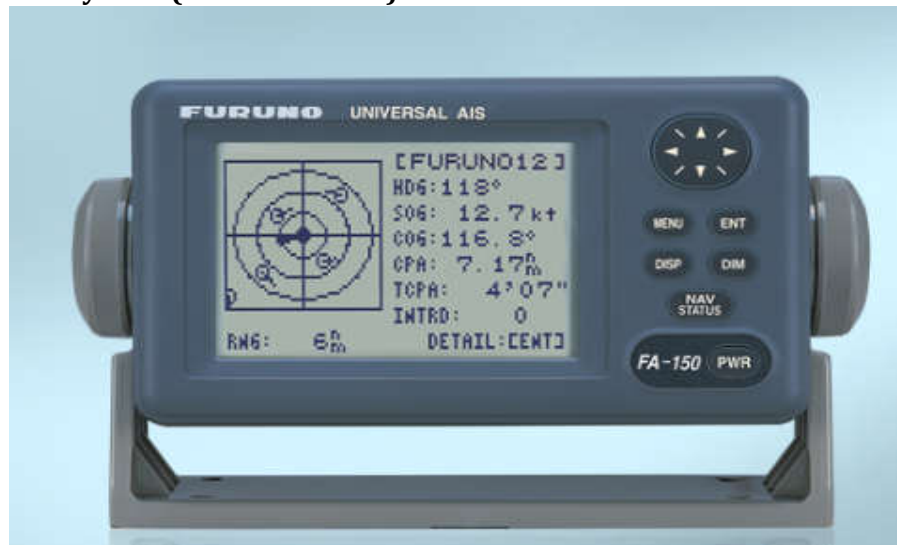
Navtex (Furuno NX-700)



Features

- Fully meets new IMO resolution MSC.148 (77) to be implemented on and after 1 July 2005 requiring
- Dual channel reception, 518 kHz and either 490 or 4209.5 kHz, simultaneously
- Incorporates a printing device (NX-700A) or a dedicated display device with printer output (NX-700B)
- 200 message of average length 500 characters can be stored in nonvolatile memory
- Incorporates a preamp within a lightweight, compact antenna for reliable, uninterrupted reception
- Display messages on a clear 5" silver bright LCD
- Low power consumption
- NAV data display acts as NMEA repeater for GPS or instruments

AIS System (Furuno FA-150)



SPECIFICATIONS

PRODUCT NAME

U-AIS Transponder

GENERAL

Standards

IMO A.894(17), IMO MSC.74(89) Annex 3,

IEC 61993-2, ITU-R M.1371-3, ITU-R M.825-3(DSC)

CCNR Test Standard for Inland AIS

Ship reporting capacity

2250 reports per minute, 4500 reports per minute on two channels

TRANSPONDER UNIT

TX/RX Frequency

156.025 MHz to 162.025 MHz

RX1:

Default CH87B (161.975 MHz)

RX2:

Default CH88B (162.025 MHz)

Output Power

1 W/ 12.5 W selectable

DSC Receiver

CH70 fixed, 156.525 MHz, G2B, 1200 bps

Bandwidth

25 kHz/ 12.5 kHz

DISPLAY UNIT

Screen Size

4.5" monochrome LCD

Effective Viewing Area

95 (H) x 60 (V) mm

Pixel Number

120 (H) x 64 (V)

Kursi Kapten



Product details

Product Dimensions: 23.5 x 24 x 21 inches ; 2.9 pounds

Shipping Weight: 27.2 pounds ([View shipping rates and policies](#))

Total Weight and Total Centers Estimation

1. Light Weight Tonnes (LWT)

• Hull Weight

W_{ST}	=	21.367	ton
KG	=	1.172	m
LCG dr FP	=	10.977	m

• Equipment & Outfitting Weight

$W_{E\&O}$	=	1.743	ton
$KG_{E\&O}$	=	2.415	m
LCG dr FP	=	9.966	m

• Machinery Weight

W_M	=	11.259	ton
KG	=	1.403	m
LCG dr FP	=	15.502	m

2. Dead Weight Tonnes (DWT)

• Consumable Weight

W_{consum}	=	31.463	ton
KG	=	1.328	m
LCG dr FP	=	11.071	m

• Payload

$W_{payload}$	=	30.518	ton
KG = 0,5*H			
	=	1.250	m
LCG dr FP	=	8.300	m

3. Total Weight

$$\begin{aligned}\text{Total weight} &= \text{LWT} + \text{DWT} = W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{CONSUMABLE} + W_{PAYLOAD} \\ &= 96.350 \quad \text{ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{KG Total} &= (W_{ST} \times \text{KG} + W_{E\&O} \times \text{KG} + W_M \times \text{KG} + W_{CONSUMABLE} \times \text{KG} + W_{PAYLOAD} \times \text{KG}) / \text{Totalweight} \\ &= 1.297 \quad \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{LCG Total (dr FP)} &= (W_{ST} \times \text{LCG} + W_{E\&O} \times \text{LCG} + W_M \times \text{LCG} + W_{CONSUMABLE} \times \text{LCG} + W_{PAYLOAD} \times \text{LCG}) / \text{Totalweight} \\ &= 10.670 \quad \text{m}\end{aligned}$$

Displacement and Weight Checking

Displacement Kapal = 98.294 ton

Berat total Kapal = 96.350 ton

Displacement = Berat kapal + Margin (2-10%)

Maks margin = 10 %

Margin Kapal = 2.0 %

Status Kapal = Accepted

Fishing Hold Checking

<u>Volume Dibutuhkan =</u>	61.035 m3	L	W	H	
<u>Volume Desain =</u>	62.694 m3		5	5.5	2.5

Volume desain = Volume dibutuhkan + Margin (1-5%)

Margin = 5 % 31.3

Margin Kapal = 2.645787 % 15.7

Status Kapal = Accepted

Freeboard Calculation

Non Convention Vessel Standard Indonesian Flagged Chapter VI, Appendix 4

Input Data :

L =	21.00	m
H =	2.50	m
B =	5.50	m
T =	1.50	m
d ₁ = 85% Moulded Depth		
=	4.68	m
C _B =	0.55	

Tipe kapal= Type B

Perhitungan :

• Initial Freeboard (fb) for Type B Vessels

$$Fb = 0.8L \quad \text{cm} \quad L \leq 50m$$

$$16.80 \quad \text{cm}$$

• Koreksi

1. Koreksi Cb

Apabila $C_b \geq 0.68$, maka harus dikalikan dengan faktor : $\frac{0.68 + C_b}{1.36}$

$$Fb1 = 16.80 \quad \text{cm}$$

2. Koreksi Depth/Height of Vessel

Apabila $D \geq L/15$, maka freeboard harus ditambahkan : $20 \left(D - \frac{L}{15} \right)$

Apabila $D \leq L/15$, maka freeboard tidak perlu dikoreksi

$$L/15 = 1.40 \quad \text{Koreksi}$$

$$D = 2.50$$

$$Fb2 = 38.80 \quad \text{cm}$$

3. Koreksi Superstructure and trunk

Apabila kapal memiliki bangunan atas dan trunk, maka freeboard harus dikurangi dengan : $\frac{50 \sum (L_s \times H_s) \text{cm}}{L}$

$$L_s = \text{Panjang Superstructure} \quad 5.50 \text{ m}$$

$$H_s = \text{Tinggi Superstructure} \quad 2.4 \text{ m}$$

$$Fb3 = 7.37 \quad \text{cm}$$

4. Koreksi Sheer

$$B = 0.125L \text{ cm} \quad 2.625 \text{ cm}$$

$$A = 1/6 [2.5 (L + 30) - 100 (S_f + S_a) (0.75 - S/2L)] \text{ cm} \quad 10.93254 \text{ cm}$$

Koreksi Sheer ditetapkan sebagai berikut :

- $A \geq 0$, koreksi ditetapkan = A cm
- $A \geq 0$, dan harga mutlak $A \geq B$, koreksi ditetapkan = -B cm
- $A \leq 0$, dan harga mutlak $A \leq B$, koreksi = A cm

S_f = tinggi sheer di FP (meter)

S_a = tinggi sheer di AP (meter)

S = panjang superstructure

Kapal didesain menggunakan Sheer, maka koreksi sheer :

Maka lambung timbul menjadi :

$$Fb4 = 18.30 \quad \text{cm}$$

$$Fb \text{ total} = 18.30 \quad \text{cm}$$

$$Fb \text{ min} = 15.00 \quad \text{cm (kapal tipe B)}$$

$$0.18 \quad \text{m}$$

• Minimum Bow height

$$B_{wm} = \frac{56L}{100} \left(1 - \frac{L}{500} \right) \left(\frac{1.36}{C_b + 0.68} \right) \quad L \leq 250 \text{ m}$$

$$= 1242.13 \quad \text{mm}$$

$$= 1.242 \quad \text{m}$$

Persyaratan Bow Height ini tidak berlaku untuk kapal tidak diawaki dan juga kapal $L < 24 \text{ m}$

• Batasan Freeboard

Actual Freeboard

$$Fba = H - T$$

$$= 1.00 \quad \text{m}$$

Accepted (karena $Fba > Fb$ perhitungan maka Accepted)

Tonnage Calculation

International Convention on Tonnage Measurement of Ships 1969

Input Data :

$$\begin{aligned}H &= 2.5 \text{ m} \\T &= 1.5 \text{ m} \\V_{acc.} &= 72.600 \text{ m}^3 \\V_{nav.} &= 19.807 \text{ m}^3 \\\nabla &= 95.896 \text{ m}^3 \\\Delta &= 98.294 \text{ ton}\end{aligned}$$

Perhitungan :

Gross Tonnage

$$\begin{aligned}V_H &= \text{Volume dibawah geladak cuaca} \\&= 95.90 \text{ m}^3 \\V_U &= \text{Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca} \\&= V_{Acc} + V_{Nav} \\&= 92.41 \text{ m}^3 \\V &= V_U + V_H \\&= 188.30 \text{ m}^3 \\K_1 &= 0.2 + 0.02 * \log_{10}(V) \\&= 0.245 \\GT &= V \times K_1 \\&= 46\end{aligned}$$

Net Tonnage

$$\begin{aligned}V_C &= 62.694 \text{ m}^3 \\K_2 &= 0.2 + 0.02 * \log_{10}(V_C) \\&= 0.236 \\NT &= K_2 * V_C * (4d/3D)^2 \\&= 9 \\0.25 GT &= 12 \\a \geq 0.25 GT &= \text{no} \\0.30 GT &= 14 \\NT \geq 0.30 GT &= \text{no} \\Maka, NT &= 0.30 GT \\NT &= 14\end{aligned}$$

Trim Calculation

Input Data

L =	21.0	m	Disp =	98.29	m ³
B =	5.5	m	KG =	1.30	m ³
T =	1.5	m	LCG dr FP =	10.67	m
Cm =	0.792		LCB dr FP =	10.71	m
Cb =	0.554				
Cwp =	0.882				

Hydrostatic Properties

KB

$$\begin{aligned} KB/T &= 0.90 - 0.30C_m - 0.1C_b \\ &= 0.6070 \\ KB &= 0.91 \quad m \end{aligned}$$

(Parametric Design chapter 11 page 18)

BM_T

$$\begin{aligned} C_{IT} &= 0.1216 C_{wp} - 0.0410 \\ &= 0.0663 \\ I_T &= C_{IT} \cdot L \cdot B^3 \\ &= 231.4734 \end{aligned}$$

(Parametric Design chapter 11 page 19)

B_{MT} = jarak antara titik tekan buoyancy terhadap titik metacenter secara melintang

$$\begin{aligned} B_{MT} &= I_T / vol \\ &= 2.35 \quad m \end{aligned}$$

BM_L

C_{IL} = longitudinal inertia coefficient

$$\begin{aligned} C_{IL} &= 0.350 C_{wp}^2 - 0.405 C_{wp} + 0.146 \\ &= 0.0611 \end{aligned}$$

I_L = moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis

$$\begin{aligned} I_L &= C_{IL} \cdot B \cdot L^3 \\ &= 3110 \end{aligned}$$

BM_L = jarak antara titik tekan buoyancy terhadap titik metacenter secara memanjang

$$\begin{aligned} BM_L &= I_L / vol \\ &= 31.64 \quad m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GM_L &= BM_L + KB - KG \\ &= 31.26 \quad m \end{aligned}$$

$$\text{Trim} = T_A - T_F$$

$$\begin{aligned} \text{Trim} &= (LCG - LCB) \cdot L / G_{ML} \\ &= -0.025 \quad m \end{aligned}$$

Kondisi trim = **Trim Haluan**

(karena jika nilai trim < 0 maka trim haluan; trim > 0 maka trim buritan; trim = 0 maka even keel)

Batasan Trim

$$LCG - LCB = 0.037 \quad m$$

$$0.5\%L_{pp} = 0.105 \quad m$$

Kondisi Total = **OK** (karena selisih LCG & LCB < 0.5% Lpp)

Stability Calculation

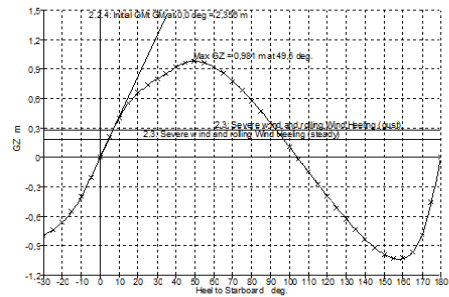
Komponen

Lightweight of ship	35.369 ton
Seawater	9.225 ton
Purified Water	5.904 ton
Hydrogen	0.0756 ton
Es Pendingin	15.259 ton
Payload/Ikan	30.52 ton
Total	96.350 ton

Loadcase 1

Lightweight of ship	100%
Seawater	0%
Purified Water	0%
Hydrogen	0%
Es Pendingin	0%
Payload/Ikan	0%

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. I
LWT	1	35.369	35.369	8.592	0.000	1.311	0.000
Seawater	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Purified	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Hydrogen	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Ice	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Total Loadcase		35.369	0.000	0.000	8.592	0.000	1.311
FS correction						0.000	
VCG fluid						1.311	



Stability
2.2.4: Initial GM at 0.0 deg = 2.395 m
2.3: Severe wind and rolling Wind Heeling (quasi)
2.3: Severe wind and rolling Wind Heeling (quasi)
Max GZ = 0.981 m at 49.5 deg

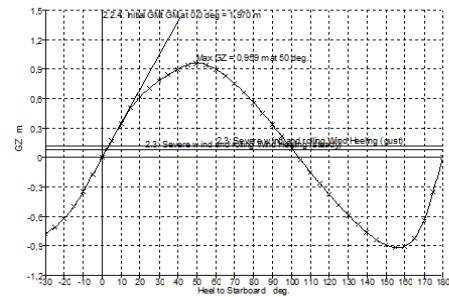
Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = -0.305 m)		37,3	n/a
Deck Edge (immersion pos = -0.319 m)		5,7	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	17,5	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	14,8056	Pass	+369,83
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	23,3477	Pass	+352,77
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	8,5421	Pass	+396,95
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,981	Pass	+390,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	49,5	Pass	+98,18
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	2,356	Pass	+1470,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	4,5	Pass	+71,95
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	78,35	Pass	+2,06
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	252,08	Pass	+152,08

Loadcase 2

Lightweight of ship	100%
Seawater	100%
Purified Water	0%
Hydrogen	0%
Es Pendingin	0%
Payload/Ikan	0%

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. I
LWT	1	35.369	35.369	8.592	0.000	1.311	0.000
Seawater	1	9.225	9.225	9.594	0.000	1.250	0.000
Purified	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Hydrogen	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Ice	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	User Specified
Total Loadcase		44.594	0.000	0.000	8.520	0.000	1.298
FS correction						0.000	
VCG fluid						1.298	



Stability
2.2.4: Initial GM at 0.0 deg = 1.970 m
2.3: Severe wind and rolling Wind Heeling (quasi)
2.3: Severe wind and rolling Wind Heeling (quasi)
Max GZ = 0.959 m at 50 deg

Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = -0.319 m)		7,4	n/a
Deck Edge (immersion pos = -0.319 m)		3,1	n/a

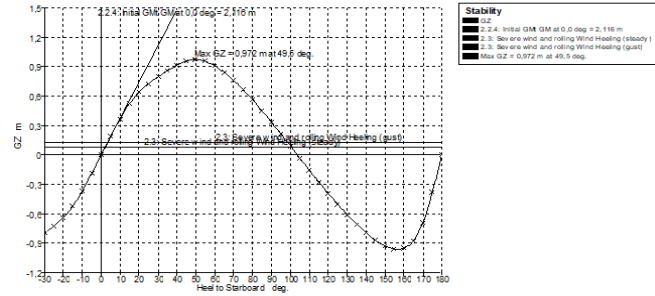
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	16,1	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	13,6766	Pass	+334,00
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	22,0697	Pass	+327,99
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	8,3931	Pass	+368,29
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,959	Pass	+379,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	50,0	Pass	+100,00
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,970	Pass	+1213,33
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	2,3	Pass	+85,52
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	75,36	Pass	+5,80
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	501,88	Pass	+401,88

Loadcase 3

Lightweight of ship
Seawater
Purified Water
Hydrogen
Es Pendingin
Payload/Ikan

100%
0%
100%
0%
0%
0%

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m
LWT	1	35,389	35,389	8,592	0,000	1,311	0,000
Seawater	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Purified	1	5,904	5,904	7,988	0,000	1,250	0,000
Hydrogen	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Payload	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ice	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total Loadcase		41,293	0,000	8,592	0,000	1,302	0,000
FS correction					0,000		
VCG fluid					1,302		



Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = -0.319 m)	5,1	n/a	
Deck Edge (immersion pos = -0.319 m)	2,9	n/a	

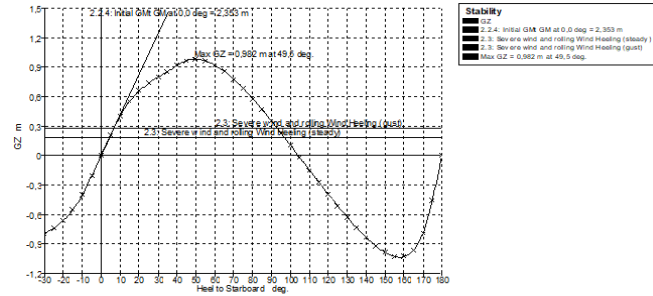
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	16.6	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	14,2118	Pass	+350,98
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	22,7589	Pass	+341,36
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	8,5472	Pass	+397,25
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,972	Pass	+386,00
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	49,5	Pass	+98,18
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	2,116	Pass	+1310,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	2,2	Pass	+86,14
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	76,69	Pass	+4,14
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	458,33	Pass	+358,33

Loadcase 4

Lightweight of ship
Seawater
Purified Water
Hydrogen
Es Pendingin
Payload/Ikan

100%
0%
0%
100%
0%
0%

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m
LWT	1	35,389	35,389	8,592	0,000	1,311	0,000
Seawater	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Purified	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Hydrogen	1	0,076	0,076	5,618	0,000	1,171	0,000
Payload	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ice	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total Loadcase		35,465	0,000	8,592	0,000	1,311	0,000
FS correction					0,000		
VCG fluid					1,311		



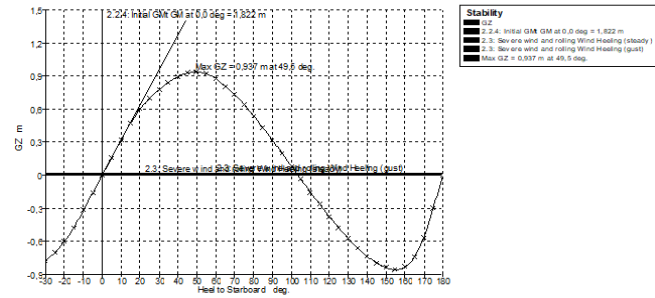
Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = -0.305 m)	37,2	n/a	
Deck Edge (immersion pos = -0.319 m)	5,7	n/a	

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	17,5	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	14,8021	Pass	+369,72
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	23,3476	Pass	+352,77
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	8,5454	Pass	+397,14
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,982	Pass	+391,00
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	49,5	Pass	+98,18
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	2,353	Pass	+1468,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	4,5	Pass	+71,98
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	79,11	Pass	+1,11
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	253,18	Pass	+153,18

Loadcase 5

Lightweight of ship	100%
Seawater	100%
Purified Water	100%
Hydrogen	100%
Es Pendingin	0%
Payload/Ikan	0%

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. I
LWT	1	35,369	35,369	8,592	0,000	1,311	0,000
Seawater	1	9,225	9,225	9,694	0,000	1,250	0,000
Purified	1	5,904	5,904	7,960	0,000	1,250	0,000
Hydrogen	1	0,076	0,076	5,616	0,000	1,171	0,000
Payload	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ice	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total Loadcase		50,574	0,000	8,718	0,000	1,293	0,000
FS correction						0,000	
VCG fluid						1,293	



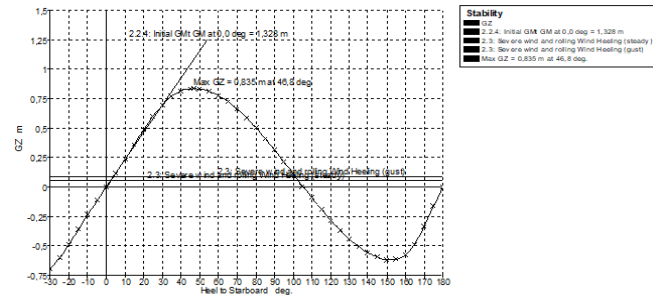
Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = -0,319 m)		0	n/a
Deck Edge (immersion pos = -0,319 m)		0.4	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	15,7	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	13,2005	Pass	+318,89
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	21,6115	Pass	+319,10
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	8,4111	Pass	+389,33
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,937	Pass	+368,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	49,5	Pass	+98,18
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,822	Pass	+1114,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	0,3	Pass	+98,38
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	68,93	Pass	+13,84
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	759,83	Pass	+659,83

Loadcase 6

Lightweight of ship	100%
Seawater	100%
Purified Water	100%
Hydrogen	100%
Es Pendingin	50%
Payload/Ikan	50%

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. I
LWT	1	35,369	35,369	8,592	0,000	1,311	0,000
Seawater	1	9,225	9,225	9,694	0,000	1,250	0,000
Purified	1	5,904	5,904	7,960	0,000	1,250	0,000
Hydrogen	1	0,076	0,076	5,616	0,000	1,171	0,000
Payload	1	15,259	15,259	12,694	0,000	1,250	0,000
Ice	1	7,629	7,629	16,200	0,000	1,250	0,000
Total Loadcase		73,462	0,000	10,321	0,000	1,279	0,000
FS correction						0,000	
VCG fluid						1,279	

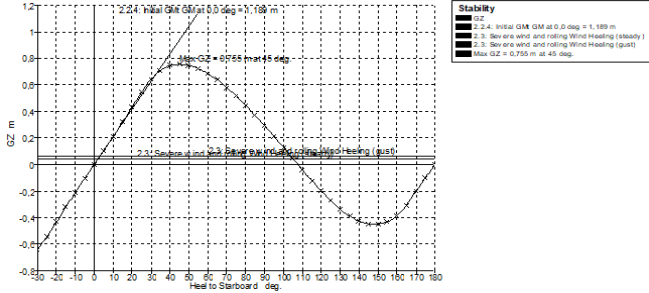


Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 10,412 m)		29,3	n/a
Deck Edge (immersion pos = -0,319 m)		3,5	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	15,8	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	10,7406	Pass	+240,83
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	18,3862	Pass	+256,56
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	7,6456	Pass	+344,79
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,835	Pass	+317,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	46,8	Pass	+87,27
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,328	Pass	+785,33
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	2,5	Pass	+84,26
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	72,83	Pass	+8,96
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	661,05	Pass	+561,05

Loadcase 7	
Lightweight of ship	100%
Seawater	100%
Purified Water	100%
Hydrogen	100%
Es Pendingin	100%
Payload/Ikan	100%

Item Name	Quantity	Unit	Mass tonne	Total Mass tonne	Unit	Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m
LWT	1		35,389	35,389		8,592	0,000	1,311	0,000
Seawater	1		9,225	9,225		9,894	0,000	1,250	0,000
Purified	1		5,504	5,504		7,885	0,000	1,250	0,000
Hydrogen	1		0,078	0,078		5,616	0,000	1,171	0,000
Payload	1		30,520	30,520		12,894	0,000	1,250	0,000
Ice	1		15,289	15,289		16,200	0,000	1,250	0,000
Total Loadcase			96,353	0,000	0,000	11,162	0,000	1,272	0,000
FS correction							0,000		
VCG fluid							1,272		



Key point	Type	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 10.412 m)		23.2	n/a
Deck Edge (immersion pos = -0.319 m)		6.1	n/a

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle	12.6	deg			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	9,6666	Pass	+206,75
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	16,7063	Pass	+223,96
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	7,0387	Pass	+309,49
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,755	Pass	+277,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	45,0	Pass	+80,00
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,189	Pass	+692,67
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	2,0	Pass	+87,38
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	33,08	Pass	+58,65
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	1100,82	Pass	+1000,82

Building Cost

Kategori	Jenis	Jumlah	Satuan	Harga/Satuan	Harga/Satuan Rupiah	Harga Total
Lambung Kapal	Pelat HDPE (Lambung + Superstructure)	142	lembar	\$ 853.20	Rp 12,328,740.00	Rp 1,750,681,080.00
Sistem Hibrida	Desalinator	1	buah	\$ 13,000.00	Rp 187,850,000.00	Rp 187,850,000.00
	Electrolyser	1	buah	\$ 50,000.00	Rp 722,500,000.00	Rp 722,500,000.00
	Compressor	1	buah	\$ 7,146.50	Rp 103,266,925.00	Rp 103,266,925.00
	tanki H2	7	buah	\$ 69.00	Rp 997,050.00	Rp 6,979,350.00
	Fuel cell	1	buah	\$ 50,000.00	Rp 722,500,000.00	Rp 722,500,000.00
	Baterai	9	buah	\$ 13,297.95	Rp 192,155,377.50	Rp 1,729,398,397.50
	Solar Panel	14	buah		Rp 5,000,000.00	Rp 70,000,000.00
	VAWT	20	buah	\$ 768.20	Rp 11,100,490.00	Rp 222,009,800.00
Equipment	Ice Scaler (Pendingin ruang muat)	1	buah		Rp 101,250,000.00	Rp 101,250,000.00
	Net Hauler	2	buah	\$ 2,600.00	Rp 37,570,000.00	Rp 75,140,000.00
	Gill net	1	buah		Rp 24,126,544.00	Rp 24,126,544.00
	GPS + Antena Furuno GP 32	1	buah		Rp 12,880,000.00	Rp 12,880,000.00
	AIS System Furuno FR-150	1	buah	\$ 1,021.97	Rp 14,767,466.50	Rp 14,767,466.50
	Fish Finder JRC JFC-130	1	buah	\$ 5,164.50	Rp 74,627,025.00	Rp 74,627,025.00
	Kompas Ritchie TR33	1	buah	\$ 41.63	Rp 601,553.50	Rp 601,553.50
	VHF Radio COBHAM-SAILOR RT-6222	1	buah	\$ 1,447.86	Rp 20,921,577.00	Rp 20,921,577.00
	SSB Radio JRC JSS-2150	1	buah	\$ 5,922.00	Rp 85,572,900.00	Rp 85,572,900.00
	Navtex Furuno NX-700	1	buah	\$ 1,779.00	Rp 25,706,550.00	Rp 25,706,550.00
	Kursi Kapten	1	buah	\$ 263.99	Rp 3,814,655.50	Rp 3,814,655.50
	Kasur tingkat	4	buah		Rp 1,200,000.00	Rp 4,800,000.00
	Lemari	4	buah		Rp 903,000.00	Rp 3,612,000.00
	Kompor	1	buah		Rp 399,000.00	Rp 399,000.00
	Kulkas	1	buah		Rp 2,019,000.00	Rp 2,019,000.00
	Kran Dapur	1	buah		Rp 429,000.00	Rp 429,000.00
	Toilet	1	buah		Rp 1,288,000.00	Rp 1,288,000.00
	Shower	1	buah		Rp 2,565,000.00	Rp 2,565,000.00
	Meja Mess	2	buah		Rp 760,000.00	Rp 1,520,000.00
	TV	1	buah		Rp 1,399,000.00	Rp 1,399,000.00
	Kursi Mess	8	buah		Rp 758,000.00	Rp 6,064,000.00
Biaya Pembangunan						Rp 5,978,688,824.00
Margin Keuntungan Galangan (25%)						Rp 1,494,672,206.00
Total Akhir Biaya Pembangunan						Rp 7,473,361,030.00

LAMPIRAN B
GAMBAR *LINES PLAN* KAPAL IKAN HIBRIDA BERBAHAN
DASAR HDPE

Table Of Half-Breadth

Station	Waterline (meter)					
	Baseline	WL 0.375	WL 0.75	WL 1.125	WL 1.5	WL 2.5
Transom						
AP				2,130	2,385	2,629
1		0,278	1,666	2,272	2,437	2,636
2		0,278	2,164	2,310	2,455	2,640
3		1,656	2,209	2,333	2,471	2,644
4	0,278	1,904	2,218	2,340	2,474	2,645
5	0,278	2,113	2,225	2,345	2,477	2,645
6	0,278	2,120	2,231	2,350	2,479	2,645
7	0,045	2,127	2,236	2,355	2,481	2,645
8	0,298	2,133	2,241	2,359	2,484	2,646
9	0,483	2,138	2,244	2,362	2,487	2,647
10	0,598	2,141	2,245	2,365	2,491	2,648
11	0,638	2,127	2,233	2,358	2,488	2,645
12	0,664	2,084	2,199	2,331	2,469	2,632
13	0,682	2,022	2,150	2,291	2,438	2,613
14	0,693	1,945	2,092	2,243	2,400	2,589
15	0,682	1,842	2,009	2,169	2,331	2,528
16	0,598	1,662	1,840	1,999	2,143	2,317
17	0,496	1,446	1,608	1,755	1,885	2,044
18	0,376	1,007	1,279	1,399	1,518	1,674
19	0,208	0,506	0,779	0,882	0,975	1,093
20	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

Body Plan

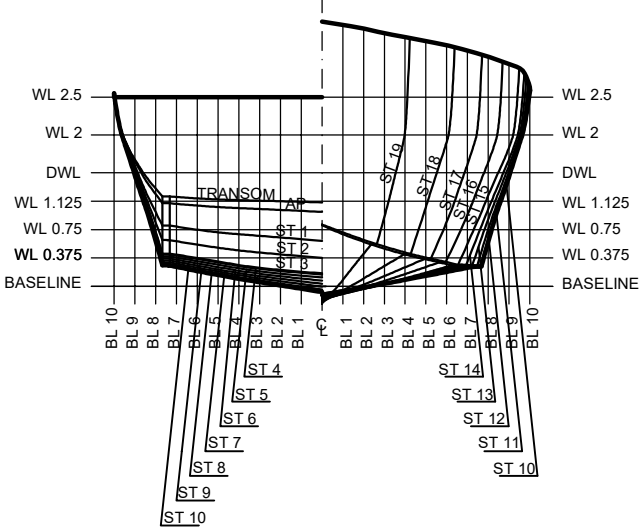
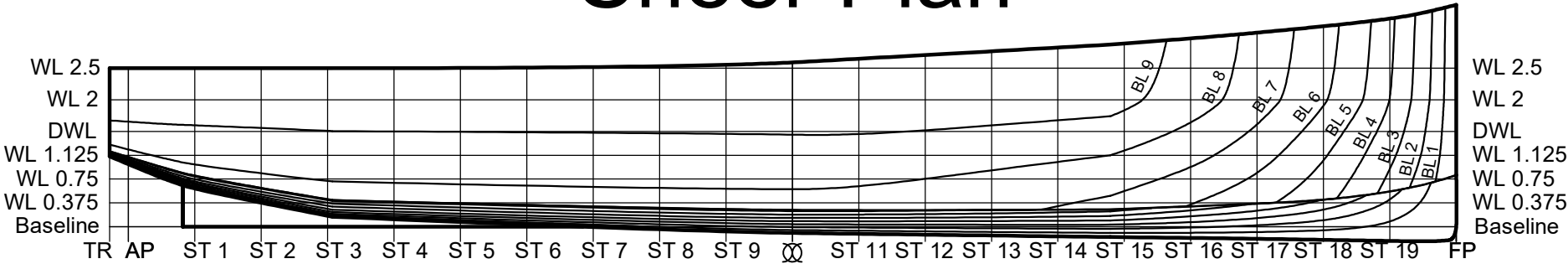


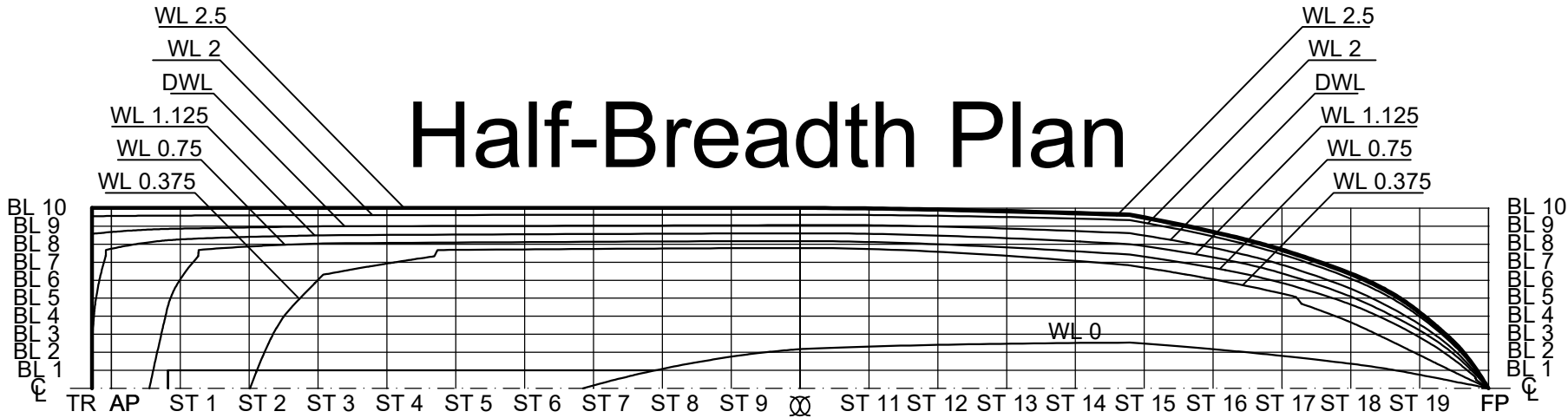
Table Of Height Above Baseline

Station	Sheer (meter)								
	Centerline	BL 1	BL 2	BL 3	BL 4	BL 5	BL 6	BL 7	BL 8
Transom	1,099	1,108	1,117	1,126	1,135	1,145	1,161	1,181	1,297
AP	0,978	0,992	1,005	1,019	1,032	1,046	1,066	1,090	1,220
1	0,602	0,624	0,645	0,667	0,689	0,713	0,748	0,789	0,981
2	0,377	0,399	0,421	0,446	0,474	0,510	0,551	0,595	0,841
3	0,171	0,192	0,216	0,244	0,280	0,328	0,374	0,417	0,720
4	0,116	0,141	0,168	0,199	0,237	0,285	0,333	0,379	0,690
5	0,074	-0,015	0,133	0,166	0,205	0,253	0,302	0,351	0,668
6	0,033	0,065	0,099	0,135	0,175	0,223	0,273	0,325	0,647
7	-0,006	0,030	0,067	0,105	0,147	0,195	0,246	0,300	0,627
8	-0,042	-0,003	0,037	0,078	0,121	0,169	0,222	0,277	0,610
9	-0,075	-0,032	0,011	0,054	0,100	0,148	0,201	0,257	0,597
10	-0,100	-0,054	-0,008	0,039	0,086	0,136	0,189	0,244	0,591
11	-0,114	-0,065	-0,016	0,034	0,085	0,137	0,190	0,244	0,637
12	-0,127	-0,075	-0,022	0,031	0,086	0,141	0,197	0,252	0,754
13	-0,141	-0,084	-0,027	0,030	0,088	0,148	0,208	0,262	0,888
14	-0,154	-0,093	-0,032	0,030	0,092	0,157	0,224	0,323	1,021
15	-0,166	-0,100	-0,032	0,035	0,106	0,181	0,258	0,560	1,200
16	-0,179	-0,097	-0,015	0,071	0,162	0,256	0,349	0,941	1,643
17	-0,193	-0,087	0,021	0,134	0,251	0,362	0,851	1,614	
18	-0,208	-0,057	0,102	0,267	0,424	1,048	1,909		
19	-0,226	0,082	0,430	0,913	2,065				
20	0,011								

Sheer Plan



Half-Breadth Plan



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	FISHING VESSEL
LENGTH OVERALL (Loa)	22 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (Lbp)	21 m
BREADTH (B)	5.5 m
HEIGHT (H)	2.5 m
DRAUGHT (T)	1.5 m
SERVICE SPEED (Vs)	8 knot
COMPELEMENTS	8 Persons
PROPULSION	80 HP

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

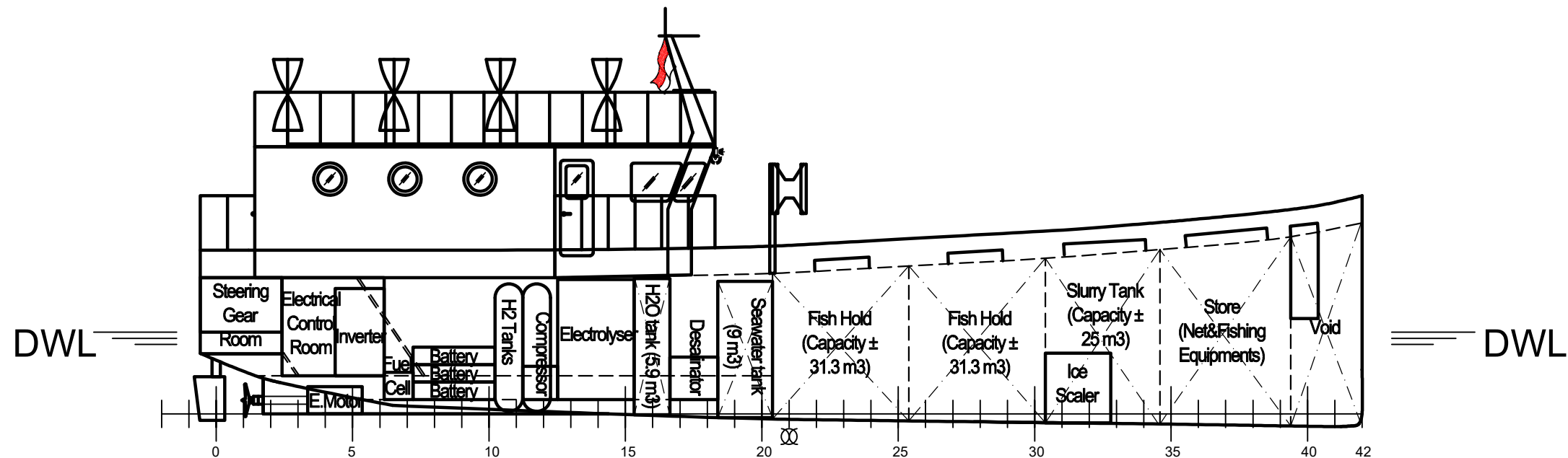
MV TARGARYEN 46 GT

LINES PLAN

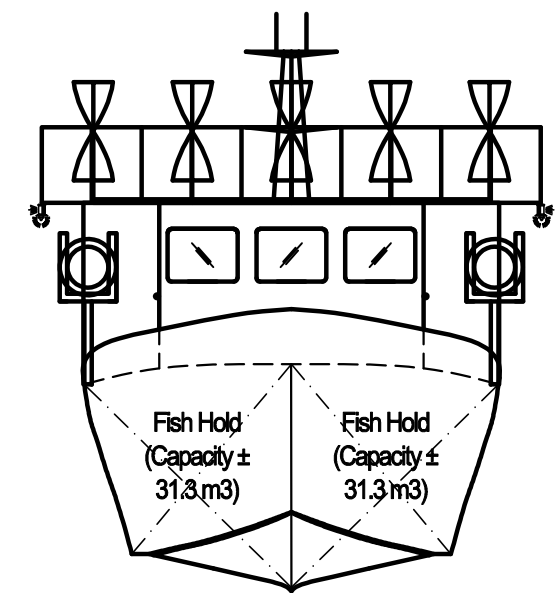
SCALE	1: 100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN BY	Muhammad Iqbal			0411154000026
APPROVED BY	Ir. Wasis Dwi Arsyawan, M.Sc, Ph.D.			A3

LAMPIRAN C
GAMBAR *GENERAL ARRANGEMENT* KAPAL IKAN
HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE

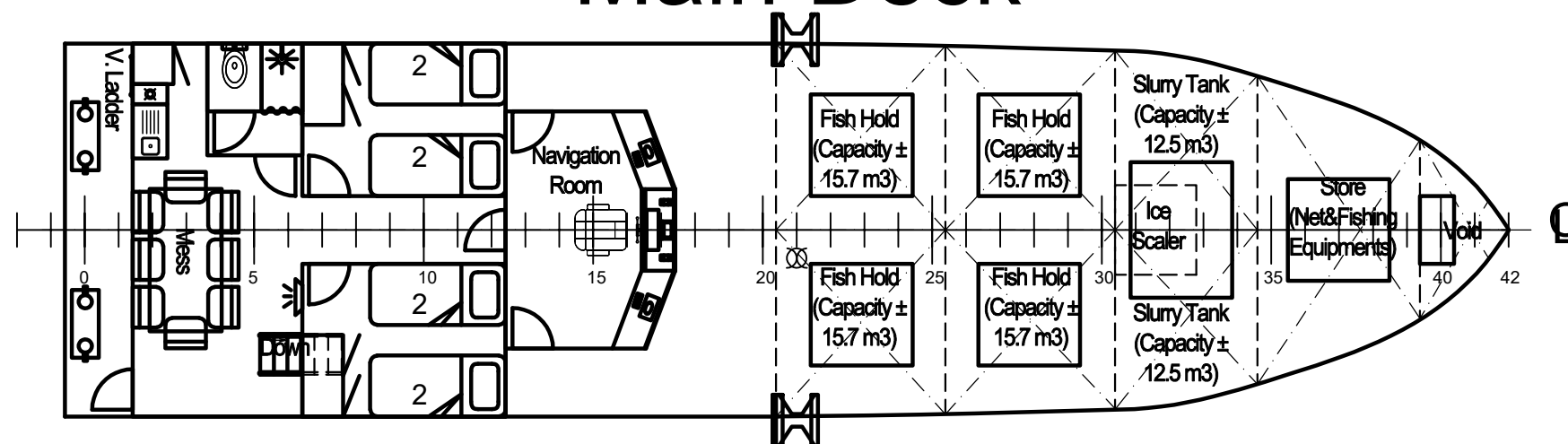
Profile View



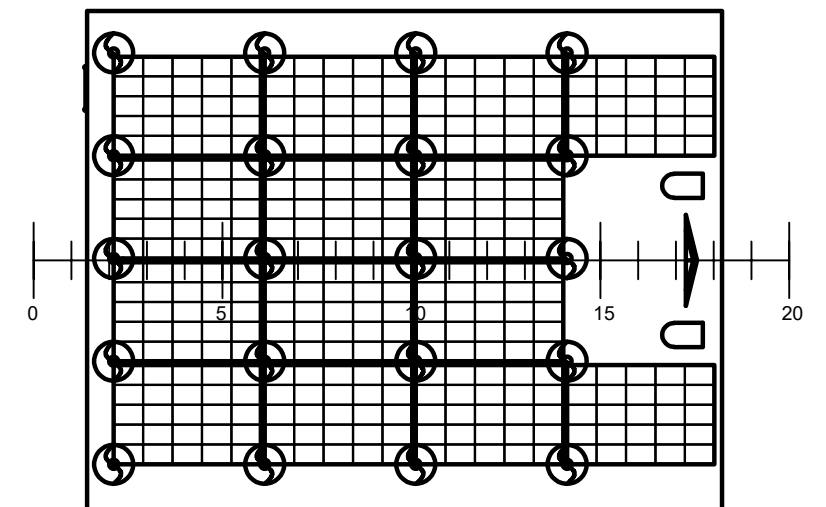
Front View



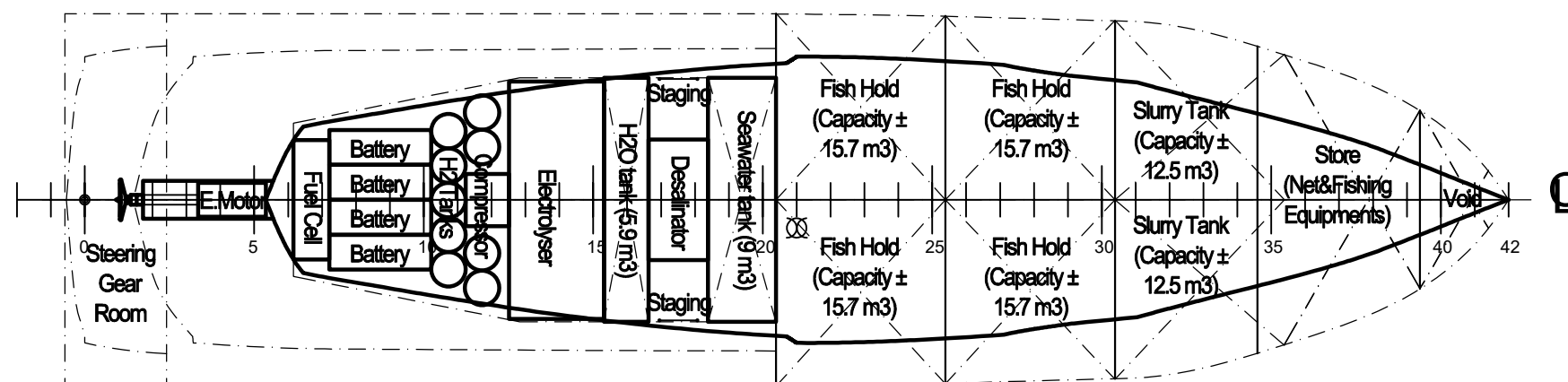
Main Deck



Top Deck



Below Main Deck



PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	FISHING VESSEL
LENGTH OVERALL (Loa)	22 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (Lbp)	21 m
BREADTH (B)	5.5 m
HEIGHT (H)	2.5 m
DRAUGHT (T)	1.5 m
SERVICE SPEED (Vs)	8 knot
COMPLEMENTS	8 Persons
PROPULSION	80 HP



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MV TARGARYEN 46 GT

GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	1:100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN BY	Muhammad Iqbal			0411154000026
APPROVED BY	Ir. Wasis Dwi Aryanan, M.Sc, Ph.D.			A3

LAMPIRAN D
GAMBAR *3D-MODELLING* KAPAL IKAN HIBRIDA
BERBAHAN DASAR HDPE



BIODATA PENULIS



Muhammad Iqbal dilahirkan di Batam pada 26 Januari 1998 silam, Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Hang Tuah, kemudian melanjutkan ke SDN 001 Bengkong, SMPN 4 Batam dan SMAN 1 Batam. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN/undangan.

Selama masa perkuliahan penulis aktif berorganisasi dalam Departemen Hubungan Luar HIMATEKPAL sebagai *staff Internationalization* pada kepengurusan 2016/2017 dan menjadi Kepala Departemen Hubungan Luar HIMATEKPAL pada kepengurusan 2017/2018. Penulis juga tergabung dalam tim Hydron ITS sebagai *staff communication* pada kepengurusan 2016/2017 dan menjadi *Communication Officer* sekaligus Koordinator *Sponsorship* tim Hydron pada kepengurusan 2017/2018 dan berhasil memberangkatkan enam orang dari anggota tim untuk mengikuti perlombaan HYDROCONTEST 2018 di St. Tropez, Perancis.

Pada masa perkuliahan penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Batamec (Batam) dan PT. Meratus Line (Surabaya). Pada Departemen Perkapalan ITS terdapat beberapa tugas besar yang harus diselesaikan oleh mahasiswa, dan penulis telah menyelesaikan tugas-tugas besar yakni Tugas Rencana Garis (TRG) dibimbing oleh Bapak Wing Hendropasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng., Tugas Desain Kapal 1 dibimbing oleh Bapak Hasanudin, S.T., M.T., Tugas Desain Kapal 2 dibimbing oleh Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T., Perencanaan Produksi Kapal dibimbing oleh Mohammad Sholikhhan Arif, S.T., M.T. serta Tugas Akhir “Desain Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar *High Density Polyethylene* Sebagai Penunjang Potensi Laut Provinsi Kepulauan Riau” yang dibimbing oleh Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

Email: mistermuhammadiqbal@gmail.com